

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 8 Número. 4

Diciembre 2015



RAAM

Originales

Comparative effect of order based resistance exercises on number of repetitions, rating of perceived exertion and muscle damage biomarkers in men

Effects of power training in mechanical stiffness of the lower limbs in soccer players

Confiabilidade do teste de corrida/caminhada de 9 minutos em crianças e adolescentes de 7-12 anos de idade

Artículo especial

Posicionamiento de la *National Strength and Conditioning Association-Spain*.
Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo

Revisión

Effect of aquatic exercise training on lipids profile and glycaemia: A systematic review

Caso clínico

Síndrome de pinzamiento femoroacetabular en deportista veterano

Comunicaciones

Resúmenes de las comunicaciones científicas presentadas a las Jornadas nacionales de medicina del deporte 2014: SAMEDE XXV Aniversario. Granada 14 y 15 de Noviembre de 2014

Comunicaciones orales presentadas en el I Congreso Nacional de Investigación en Pádel (CIP 2015) 5 y 6 de Marzo 2015. Granada

ISSN: 1888-7546



Incluida en:



SCImago Journal & Country Rank



e-revist@s

Reconocida por:



MEDICINA INTERNA Y CARDIOLOGÍA, FISIOLÓGIA, NUTRICIÓN, BIOQUÍMICA Y CINEANTROPOMETRÍA, PSICOLOGÍA,
APARATO LOCOMOTOR, BIOMECÁNICA, RECUPERACIÓN FUNCIONAL Y LABORATORIO MUSCULAR

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

ALMERÍA

c/ Isla de Fuerteventura, s/n
04071 (Almería)
Teléfono: 950 884 039
Fax: 955 540 623
camd.almeria.ccd@juntadeandalucia.es

CÁDIZ

Complejo Deportivo Bahía Sur
(Paseo Virgen del Carmen, s/n)
11100, San Fernando (Cádiz)
Teléfono: 956 902 270
Fax: 955 540 623
camd.cadiz.ccd@juntadeandalucia.es

CÓRDOBA

Inst. Deportivas Munic. Vista Alegre
(Plaza Vista Alegre, s/n)
14071 (Córdoba)
Teléfono: 957 743 007
Fax: 955 540 623
camd.cordoba.ccd@juntadeandalucia.es

GRANADA

Hospital San Juan de Dios
(San Juan de Dios, s/n)
18071, Granada
Teléfono: 958 980 018
Fax: 955 540 623
camd.granada.ccd@juntadeandalucia.es

HUELVA

Ciudad Deportiva de Huelva
(Avda. Manuel Siurot, s/n)
21071, Huelva
Teléfono: 959 076 073
Fax: 955 540 623
camd.huelva.ccd@juntadeandalucia.es

JAÉN

Ctra. Madrid, 23
(esq. c/ Ana María Nogueras s/n)
23009 (Jaén)
Teléfono: 953 362 086
Fax: 955 540 623
camd.jaen.ccd@juntadeandalucia.es

MÁLAGA

Inst. Deportivas de Carranque
(Avda. Santa Rosa de Lima, s/n)
29071, Málaga
Teléfono: 951 917 029
Fax: 955 540 623
camd.malaga.ccd@juntadeandalucia.es

SEVILLA

Glorieta Beatriz Manchón, s/n
(Isla de la Cartuja)
41092, Sevilla
Teléfono: 955 540 186
Fax: 955 540 623
camd.sevilla.ccd@juntadeandalucia.es



JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE
Centro Andaluz de Medicina del Deporte

www.junta-andalucia.es/culturaydeporte/web/camd

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte*

Editor

Marzo Edir Da Silva Grigoletto
editor.ramd.ccd@juntadeandalucia.es

Coeditor

Juan de Dios Beas Jiménez
coeditor.ramd.ccd@juntadeandalucia.es

Coordinación Editorial

Covadonga López López

Comité Editorial

José Ramón Alvero Cruz
(Universidad de Málaga, España)

Eloy Cárdenas Estrada
(Universidad de Monterrey, México)

José Alberto Duate
(Universidade do Porto, Portugal)

Russell Foulk
(University of Washington, USA)

Juan Manuel García Manso
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España)

Alexandre García Mas
(Universidad de las Islas Baleares, España)

Ary L. Goldberger
(Harvard Medical School, Boston, USA)

Nicola A. Maffiuletti
(Schulthess Klinik, Zürich, Suiza)

Estélio Henrique Martin Dantas
(Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil)

José Naranjo Orellana
(Universidad Pablo Olavide, España)

Sergio C. Oehninger
(Eastern Virginia Medical School, USA)

Fátima Olea Serrano
(Universidad de Granada, España)

Juan Ribas Serna
(Universidad de Sevilla, España)

Jesús Rodríguez Huertas
(Universidad de Granada, España)

Nick Stergiou
(University of Nebraska, USA)

Carlos de Teresa Galván
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)

Carlos Ugrinowitsch
(Universidade de São Paulo, Brasil)

Comité Científico

Xavier Aguado Jódar
(Universidad de Castilla-La Mancha, España)

Guillermo Álvarez-Rey
(Universidad de Málaga, España)

Natàlia Balagué
(Universidad de Barcelona, España)

Benno Becker Junior
(Universidade Luterana do Brasil, Brasil)

Ciro Brito
(Universidade Católica de Brasília, Brasil)

João Carlos Bouzas
(Universidade Federal de Viçosa, Brasil)

Antonio Cesar Cabral de Oliveira
(Sociedade Brasileira de Atividade Física e Saúde, Brasil)

Luis Carrasco Páez
(Universidad de Sevilla, España)

Manuel J. Castillo Garzón
(Universidad de Granada, España)

Ramón Antonio Centeno Prada
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)

Madalena Costa
(Harvard Medical School, Boston, USA)

Ivan Chulvi Medrano
(Servicio de Actividad Física de NOWYOU, España)

Moisés de Hoyo Lora
(Universidad de Sevilla, España)

Borja de Pozo Cruz
(Universidad de Auckland, New Zealand)

Clodoaldo Antonio de Sá
(Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Brasil)

Miguel del Valle Soto
(Universidad de Oviedo, España)

Benedito Denadai
(Universidade Estadual de Campinas, Brasil)

Elsa Esteban Fernández
(Universidad de Granada, España)

Juan Marcelo Fernández
(Hospital Reina Sofía, España)

Guadalupe Garrido Pastor
(Universidad Politécnica de Madrid, España)

José Ramón Gómez Puerto
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)

Juan Ramón Heredia
(Instituto Internacional de Ciencia del Ejercicio Físico y de la Salud, España)

Mikel Izquierdo
(CEIMD, Gobierno de Navarra, España)

José Carlos Jaenes
(Universidad Pablo Olavide, España)

Roberto Jerônimo dos Santos Silva
(Universidade Federal de Sergipe, Brasil)

David Jiménez Pavón
(Universidad de Zaragoza, España)

Carlos Lago Peñas
(Universidad de Vigo, España)

Fernando Martín
(Universidad de Valencia, España)

Italo Monetti
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)

Alexandre Moreira
(Universidade de São Paulo, Brasil)

Elisa Muñoz Gomariz
(Hospital Universitario Reina Sofía, España)

Dartagnan Pinto Guedes
(Universidad de Estadual de Londrina, Brasil)

Carlos Roberto Rodrigues Santos
(Universidade Federal de Sergipe, Brasil)

David Rodríguez Ruiz
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España)

Manuel Rosety Plaza
(Universidad de Cádiz, España)

Carlos Ruiz Cosano
(Universidad de Granada, España)

Jonatan Ruiz Ruiz
(Universidad de Granada, España)

Borja Sañudo Corrales
(Universidad de Sevilla, España)

Nicolás Terrados Cepeda
(Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias)

Francisco Trujillo Berraquero
(Hospital U. Virgen Macarena, España)

Diana Vaamonde Martín
(Universidad de Córdoba, España)

Alfonso Vargas Macías
(Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, España)

Bernardo Hernán Viana Montaner
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)



Avda. Josep Tarradellas, 20-30, 1º
Tel.: 932 000 711
08029 Barcelona

Zurbano, 76 4º izda.
Tel.: 914 021 212
28010 Madrid

Publicación trimestral (4 números al año).

© 2015 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía

Glorieta Beatriz Manchón, s/n (Isla de la Cartuja) 41092 Sevilla

Esta revista y las contribuciones individuales contenidas en ella están protegidas por las leyes de copyright, y los siguientes términos y condiciones se aplican a su uso, además de los términos de cualquier licencia Creative Commons que el editor haya aplicado a cada artículo concreto:

Fotocopiar. Se pueden fotocopiar artículos individuales para uso personal según lo permitido por las leyes de copyright. No se requiere permiso para fotocopiar los artículos publicados bajo la licencia CC BY ni para fotocopiar con fines no comerciales de conformidad con cualquier otra licencia de usuario aplicada por el editor. Se requiere permiso de la editorial y el pago de una tasa para todas las demás fotocopias (en este caso, diríjase a CEDRO [www.cedro.org]).

Productos derivados. Los usuarios pueden reproducir tablas de contenido o preparar listas de artículos, incluyendo resúmenes de circulación interna dentro de sus instituciones o empresas. A parte de los artículos publicados bajo la licencia CC BY, se requiere autorización de la editorial para su reventa o distribución fuera de la institución o empresa que se suscribe. Para cualquier artículo o artículos suscritos publicados bajo una licencia CC BY-NC-ND, se requiere autorización de la editorial para todos los demás trabajos derivados, incluyendo compilaciones y traducciones.

Almacenamiento o uso. Excepto lo indicado anteriormente, o según lo establecido en la licencia de uso correspondiente, ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistemas de recuperación o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, grabación o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito del editor.

Derechos de autor. El autor o autores pueden tener derechos adicionales en sus artículos según lo establecido en su acuerdo con el editor (más información en <http://www.elsevier.com/authorsrights>).

Nota. Ni Elsevier ni la Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía tendrán responsabilidad alguna por las lesiones y/o daños sobre personas o bienes que sean el resultado de presuntas declaraciones difamatorias, violaciones de derechos de propiedad intelectual, industrial o privacidad, responsabilidad por producto o negligencia. Tampoco asumirán responsabilidad alguna por la aplicación o utilización de los métodos, productos, instrucciones o ideas descritos en el presente material. En particular, se recomienda realizar una verificación independiente de los diagnósticos y de las dosis farmacológicas.

Aunque el material publicitario se ajusta a los estándares éticos (médicos), su inclusión en esta publicación no constituye garantía ni refrendo alguno de la calidad o valor de dicho producto, ni de las afirmaciones realizadas por su fabricante.

REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE se distribuye exclusivamente entre los profesionales de la salud.

Disponible en internet: www.elsevier.es/RAMD

Protección de datos: Elsevier España, S.L.U., declara cumplir lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal

Papel ecológico libre de cloro.
Esta publicación se imprime en papel no ácido.
This publication is printed in acid-free paper.

Correo electrónico:
ramd.ccd@juntadeandalucia.es

Impreso en España

Depósito legal: SE-2821-08
ISSN: 1888-7546
Publicada en Sevilla (España)



Dirección

Leocricia Jiménez López

Coordinación

Salvador Espinosa Soler

Asesoría de Documentación

Clemente Rodríguez Sorroche

Te sientes bien. Te diviertes.

Te realizas. Te olvidas del resto y, sobre todo, te da vida.

¿Por qué no te animas a practicarlo?

**Deporte
de por
vida**

andalucía,

Andalucía

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 8 Número 4

Diciembre 2015

Sumario

Originales

- 139 Comparative effect of order based resistance exercises on number of repetitions, rating of perceived exertion and muscle damage biomarkers in men
H. Arazi, S. Rahmati, F. Pashazadeh y H.R. Rezaei
- 145 Effects of power training in mechanical stiffness of the lower limbs in soccer players
G. Fábrica, F. López y A. Souto
- 150 Confiabilidade do teste de corrida/caminhada de 9 minutos em crianças e adolescentes de 7-12 anos de idade
A.C. Paludo, M.B. Batista, H. Serassuelo Junior, G.B. Shigaki, E.S. Cyrino e E.R.V. Ronque

Artículo especial

- 155 Posicionamiento de la *National Strength and Conditioning Association*-Spain. Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo
A.J. Herrero, J. Martín, P.J. Benito, I. Gonzalo-Martínez, I. Chulvi-Medrano, D. García-López y NSCA Spain

Revisión

- 163 Effect of aquatic exercise training on lipids profile and glycaemia: A systematic review
R. Delevatti, E. Marson y L. Fernando Krueel

Caso clínico

- 171 Síndrome de pinzamiento femoroacetabular en deportista veterano
F. Jiménez Borrero y C. Cuenca-González

Comunicaciones

- 174 Resúmenes de las comunicaciones científicas presentadas a las Jornadas nacionales de medicina del deporte 2014: SAMEDE XXV Aniversario. Granada 14 y 15 de Noviembre de 2014
- 184 Comunicaciones orales presentadas en el I Congreso Nacional de Investigación en Pádel (CIP 2015) 5 y 6 de Marzo 2015. Granada

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 8 Number 4

December 2015

Contents

Original Articles

- 139 Comparative effect of order based resistance exercises on number of repetitions, rating of perceived exertion and muscle damage biomarkers in men

H. Arazi, S. Rahmati, F. Pashazadeh and H.R. Rezaei

- 145 Effects of power training in mechanical stiffness of the lower limbs in soccer players

G. Fábrica, F. López and A. Souto

- 150 Confiability of the run/walk 9 minutes test in children and adolescents from 7 to 12 years old

A.C. Paludo, M.B. Batista, H. Serassuelo Junior, G.B. Shigaki, E.S. Cyrino and E.R.V. Ronque

Special Article

- 155 National Strength and Conditioning Association-Spain position stand. Whole-body electromyostimulation training

A.J. Herrero, J. Martín, P.J. Benito, I. Gonzalo-Martínez, I. Chulvi-Medrano, D. García-López and NSCA Spain

Review Article

- 163 Effect of aquatic exercise training on lipids profile and glycaemia: A systematic review

R. Delevatti, E. Marson and L. Fernando Krueel

Clinical case

- 171 Femoroacetabular impingement syndrome in veteran athlete

F. Jiménez Borrero and C. Cuenca-González

Communications

- 174 Abstracts of the scientific presentations at the 2014 National sports medicine days: SAMEDE XV Anniversary. Granada, Spain November 14–15, 2014

- 184 Oral presentations at the 1st National Congress on Padel Research (CIP 2015), March 5–6, 2015. Granada, Spain



Original article

Comparative effect of order based resistance exercises on number of repetitions, rating of perceived exertion and muscle damage biomarkers in men



H. Arazi*, S. Rahmati, F. Pashazadeh, H.R. Rezaei

Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 April 2013
Accepted 4 February 2015

Keywords:

Exercise order
Rating of perceived exertion
Muscle damage
Number of repetitions

ABSTRACT

Objective: The aim of the present study was to compare the effect of orders of resistance exercise, on the number of repetitions performed, rating of perceived exertion and muscle damage biomarkers.

Method: One week after the 1 repetition maximum (1RM) test, 11 healthy untrained male participants completed two resistance exercise protocols including 4 sets of 4 exercises at 70% 1RM, with 2 min rest intervals between sets, exercises performed until failure and different orders: order A including: hack squat (HS), leg press (LP), leg extension (LE), and leg curl (LC), while order B was opposed to order A (LC, LE, LP, HS).

Results: Increase of CK activity and lactate concentration was the same for order A and order B ($P > 0.05$). The total mean number of repetitions for HS and LC indicated a significant decrease ($P < 0.05$) when they were performed later in each exercise orders; however, no significant difference in the average of total number of exercise repetition was observed for neither resistance exercise orders (order A = 8.59 ± 1.61 , order B = 8.78 ± 1.96). Rating of Perceived Exertion (RPE) was not significantly different between the exercise orders; however, the RPE increases for HS and LC when they were the last exercise orders.

Conclusion: It can be concluded that both of the resistance exercise orders were equally effective in muscle damage parameters (CK, lactate), RPE and the average of the total number of exercise repetitions, although when the exercise session progressed, the number of repetitions performed to volitional failure decreased in last exercise in one single order, and the exercise order can influence performance.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efecto comparativo de la secuencia de ejecución de ejercicios de fuerza en el número de repeticiones, el grado de percepción subjetiva del esfuerzo y biomarcadores de daño muscular en hombres

RESUMEN

Objetivo: el propósito del presente estudio fue comparar los efectos de la secuencia de ejercicios de entrenamiento de la fuerza en el número de repeticiones realizadas, la percepción del esfuerzo y en los marcadores de daño muscular.

Método: Una semana después de la realización de un test de una repetición máxima (1RM), los 11 varones sanos no entrenados participantes, realizaron dos secuencias de ejercicios de fuerza, consistentes en 4 series de 4 ejercicios al 70% de 1RM con dos minutos de reposo entre series, con los ejercicios ejecutados hasta el fallo y distinto orden: la secuencia A consistió: sentadillas hack (HS), prensa de piernas (LP), extensión de piernas (LE), y flexión curl de piernas (LC), mientras que para la secuencia B la secuencia era la opuesta a la A (LC, LE, LP, HS).

Resultados: el incremento de la actividad CK y de la concentración de lactato fue la misma para la secuencia A y la secuencia B ($P > 0.05$). El total de la media del número de repeticiones para HS y LC mostraron un descenso significativo ($P < 0.05$) cuando se realizaron posteriormente en cada secuencia de ejercicios; no

Palabras clave:

Secuencia de ejercicio
Escala de Percepción del Esfuerzo
Daño muscular
Número de repeticiones

* Corresponding author.

E-mail address: hamidrazi@yahoo.com (H. Arazi).

obstante, no se observó una diferencia significativa, en el recuento del número total de repeticiones, de cada una de las secuencias de ejercicios de fuerza (secuencia A= 8.59 ± 1.61 , secuencia B= 8.78 ± 1.96). el grado de percepción del esfuerzo (RPE) no presentó cambios significativos entre las secuencias de ejercicios; no obstante, la RPE aumenta para HS y LC cuando este fue la última secuencia de ejercicio.

Conclusion: se puede concluir que ambas secuencias de ejercicios de fuerza fueron igualmente de efectivos en los parámetros de daño muscular (CK, lactate), RPE y el recuento del total del número de repeticiones del ejercicio, aunque cuando la sesión de ejercicio progresaba, el número de repeticiones realizadas hasta la fatiga mental, disminuía en el último ejercicio en sólo uno de las secuencias, por lo que la secuencia de ejercicios puede influir en el rendimiento

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efeito comparativo da sequência de execução dos exercícios resistidos no número de repetições, percepção subjetiva de esforço e biomarcadores de danos musculares em homens

R E S U M O

Palavras-chave:

Ordem dos exercícios
Percepção subjetiva de esforço
Dano muscular
Número de repetições

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos da ordem de exercícios resistidos sobre o número de repetições, percepção subjetiva de esforço e biomarcadores de danos musculares.

Método: Uma semana após o teste de uma repetição máxima (1 RM), 11 homens saudáveis não treinados completaram duas ordens de exercícios resistidos, incluindo 4 séries de 4 exercícios a 70% de 1RM, com intervalos de 2 minutos entre as séries com exercícios realizados até a falha e de ordem distintas: ordem A incluiu: agachamento *hack* (HS), leg press (LP), extensão da perna (LE) e flexão de perna (LC), por outro lado, a ordem B ocorreu de forma oposta à ordem A (LC, LE, LP, HS).

Resultados: Ocorreram aumentos da atividade de CK e concentração de lactato tanto para a ordem A e B ($P > 0.05$). A média do número total de repetições para HS e LC indicou uma diminuição significativa ($P < 0.05$), quando foram realizadas posteriormente em cada ordem de exercícios; no entanto, não houve diferença significativa na média do número total de repetições nos exercícios resistidos (Ordem A = 8.59 ± 1.61 , B = 8.78 ± 1.96). A percepção subjetiva de esforço (RPE) não foi significativamente diferente entre as ordens de exercícios; contudo, a percepção subjetiva de esforço aumentou para HS e LC, quando estes exercícios foram realizados por último.

Conclusão: Ambas as ordens de exercícios resistidos foram igualmente eficientes nos parâmetros de danos musculares (CK, lactato), percepção subjetiva de esforço, assim como na média do número total de repetições, contudo à medida que a sessão de exercício progredia, o número de repetições realizadas até a falha diminui no último exercício em uma única ordem e a ordem dos exercícios pode influenciar no desempenho.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

Resistance training, known as strength or weight training is a modality of exercise that has grown in popularity over the past two decades and has been recommended by many major health organizations¹. The key factor of successful resistance training at any level of fitness or age is the appropriate program design¹. American College of Sports Medicine (ACSM)² has indicated the main variables to acute program for resistance training: exercise choice, number of sets, resistance used, rest period length, and the order of exercise. Although most of these variables have been extensively studied over the past 2 decades^{3–5}, exercise order has been studied less frequently in scientifically controlled investigations⁴.

It has been indicated that the exercise order is an important variable which affect both acute responses and chronic adaptations to resistance training programs and this may have a vital impact on the quality of the constituent exercise performed within a training session^{4–7}. Traditional exercise order recommends that large muscle group or multi joint exercises generally is performed before small muscle group or single joint exercises, because this exercise order may result in the greatest long-term strength gains^{1–7}.

Sforzo and Touey⁷ reported that applying small muscle group exercises before large muscle group in trained men, resulted in significantly less total force production (repetitions \times resistance)

in training session. Speculation based on these findings suggested that, the large muscle groups, should be requested, before the small muscle group, in a training situation because it may be necessary for optimal strength gains⁷.

Few studies^{8–10} have examined the influence of exercise order on the number of repetition and rating of perceived exertion (RPE) when the repetitions are performed until voluntary exhaustion. These studies demonstrated that performing both large and small muscle groups at the end of a training session resulted in significantly fewer repetitions or less strength gains compared to the same time when exercise was performed earlier in a workout sequence. It is usually recommended that the major goal exercises should be placed first in a training session in order to perform these exercises with maximal intensity. However, they did not find any significant difference in the rating of perceived exertion (RPE) between two different exercise orders (large to small, small to large), suggesting that exercise order does not influence the sense of effort at the end of the session^{8–10}. Additionally, to our knowledge, no study has investigated the effect of exercise order with an intensity of 70% 1RM on the number of repetitions and RPE in lower-body muscles in untrained men.

Serum Creatine Kinase (CK) and lactate concentrations have been used as indicators of muscle damage after resistance exercise and may indicate the status of the muscle cell membranes^{11–14}.

Previous acute studies^{11–13}, indicated that highly fatiguing resistance exercise protocols, that involve moderate intensity sets, performed with full repetition maximums (i.e., voluntary exhaustion) may induce significant microtrauma to muscle fibers. To our knowledge, the effect of the exercise order with moderate intensity on muscle performance is unclear. Therefore, the purpose of the present study was to compare the effect of acute bouts of resistance exercise order on the number of repetitions, RPE and muscle damage indices in untrained men.

Method

Experimental design

To compare the influence of exercise order on the number of repetitions, RPE, lactate and the CK activity of untrained men, the subjects performed two exercise sessions separated by 72 h of rest using a counterbalanced crossover design. One session (order A) began with exercises that involved large muscle groups and progressed to exercises that involved small muscle groups (i.e. hack squat (HS), leg press (LP), leg extension (LE) and leg curl (LC)); while the other session (order B) utilized the opposite exercise order; LC, LE, LP and HS. All exercises in both orders were performed for 4 sets to voluntarily fatigue by using the predetermined 70% of 1 repetition maximum (1RM) for each of the exercises. A minimum of a 2-minute rest interval, of passive recovery, took place between each set. The number of repetitions was recorded for each set of each exercise for both orders. The RPE measured and recorded after end each exercise order by OMNI scale¹⁹. The CK activity was measured before exercise and 24 and 48 h post exercise. The lactate concentration was assessed pre and immediately post exercise (within 2 min). All evaluations were conducted in the same period of the day (11 am).

Subjects

Eleven healthy and untrained voluntary males who were selected from Guilan University participated in the present study. Inclusion criteria consisted of the following: (a) not to have medical conditions that might be aggravated by participation and (b) not to use nutritional supplements that may enhance performance (i.e., creatine).

All subjects were informed of the risks and benefits of the experiment and signed an informed consent form before participating in the study and were asked not to participate in any resistance exercise other than that prescribed as part of the current study. The Institutional Review Board of the University approved the research protocol.

Anthropometric measurements

Age, weight, height, body mass index, and the body fat percentage were measured and are reported in Table 1. Body fat percentage was assessed using body composition analyzer (InBody3.0, South Korea) according to the manufacturer's protocol.

Table 1

Descriptive characteristics of the subjects (values are Mean ± standard deviation).

Variables	Mean ± SD
Height (cm)	175.5 ± 6.41
Body weight (kg)	66.7 ± 8.74
Body mass index (kg m ²)	20.86 ± 1.82
Body fat (%)	11.82 ± 2.66
Age (years)	21.54 ± 2.38

Strength testing

Two familiarization sessions were designed to habituate subjects with the testing procedures and laboratory environment. The main aim of these sessions was to familiarize subjects with different resistance exercises using weight-training machines. During the familiarization sessions, it was ensured that all subjects performed the correct technique for all exercises before taking part in the main testing trials. After familiarization, the one repetition maximum (1RM) for each exercise was performed on two non-consecutive days for all the exercises using a counterbalanced order¹⁶. The intraclass correlation coefficients was for HS, $r=0.94$; LP, $r=0.92$; LE, $r=0.96$; LC, $r=0.96$. Additionally, paired t-test showed no significant difference between the two occasions when the 1RM tests were performed. To minimize the possibility of injury, short bouts of general and specific warm-up were performed before determination of the 1RM. The general warm up consisted of 5 min low intensity treadmill running and performing lower body flexible movements, while the specific warm-up encompassed 15 repetitions with estimated 40% similar to the actual exercises utilized in the main experiment. After 3 min of rest, each subject had a maximum of 1RM attempts of each exercise with 2-to 5-minute rest intervals between attempts. After the 1RM load in a specific exercise was determined, an interval not shorter than 10 min was allowed before the 1RM determination of the next exercise (9). The standardization of range of motion and movement of the exercises was conducted according to the descriptions of Brown and Weir¹⁷. Each greatest load lifted over the 2-day period was considered the 1RM load and used to calculate 70% resistances for each exercise.

Exercise sessions

Subjects participated in two sessions that were composed of the same exercises performed in two different exercise orders. The subjects were instructed not to engage in any strenuous exercise for the 72 h period preceding the exercise tests and both tests were performed at the same time in the morning on separate days.

Order A began with exercises for large muscle groups and progressed toward exercises for small-muscle groups. The exercise order of order A was hack squat (HS), leg press (LP), leg extension (LE) and leg curl (LC). Order B began with exercises for small-muscle groups and progressed toward exercises for large-muscle groups. The exercise sequence for order B was LC, LE, LP and HS. Warm-up before each exercise sequence consisted of 15 repetitions of the first exercise of the session (HS for order A and CL for order B) at 40% of the 1RM load. A 3-minute rest interval was allowed after the warm-up before subjects performed the assigned exercise order. Both exercise orders consisted of 4 sets of each exercise (70% of 1RM load) and recovery times between the different exercise stations were set 2 min. During the exercise sessions, subjects were verbally encouraged to perform all sets to concentric failure. The total number of repetitions for each set of every exercise was determined. Immediately after completion of the fourth set of each exercise and exercise sequences, the OMNI Scale was used to assess the RPE with emphasis on local fatigue^{18,19}.

Collection of blood samples

Venous blood samples (5 cc) were drawn by antecubital venipuncture before the session, immediately after the session (within 2 min) and at the 24 and 48 h after exercise. The blood was immediately centrifuged at 1500 RCF for 10 min at 4 °C, and the plasma was separated and stored in Eppendorf tubes at –70 °C for subsequent use.

Biochemical analysis

Creatine Kinase (CK): plasma level of Creatine Kinase (CK) was measured using an assay kit (Parsazmon, Iran) according to the manufacturer's instruction. Briefly, buffer A and B were mixed with a 1:1 ratio to prepare a volume of 500 µL. Twenty micro liters of the serum samples were added to the mixed buffers, and the absorbance value was measured at 340 nm using an analyzer (Technicon RA-1000-USA) set at 37 °C. The mixture of buffer A and B was used blank for the assay.

Blood lactate: blood lactate concentration was tested from blood samples by enzymatic clirometric method, using the Technicon RA-1000 USA Analyzer with Elitech kit (made in France) according to the manufacturer's instruction.

Statistics

Data were analyzed using SPSS 19.0J (SPSS Japan, Tokyo, Japan) with advanced modules. Kolmogorov-Smirnov test was used to normality of data. Homogeneity of the sample was tested using Levine's test. All variables presented normal distribution and homogeneity. Two-way analysis of variance repeated measures, was used to compare the differences in the mean number of repetitions per exercise, and the repetitions per set between orders and also for the comparison of CK and lactate concentrations, between order A and order B, at different time points. One-way ANOVA was used to evaluate differences on the number of repetitions completed of each set of exercises separately for different exercise order and also for the comparison of CK and lactate in different times of examination. A Tukey post hoc test was performed where indicated. The RPE at the end of each exercise and exercise sequences was analyzed by a Wilcoxon test. $P < 0.05$ was considered to be statistically significant.

Results

CK levels in order A increased significantly 24 hours post the exercise ($P < 0.05$). Also, CK levels remained high at 48 hours post exercise ($P < 0.05$). A similar pattern was observed for CK in order B. There were no significant differences between corresponding CK values of two orders ($P > 0.05$) (Fig. 1). Differences in lactate concentrations for order A and order B are presented in Fig. 2. Within order A and order B, significant differences in lactate concentrations were demonstrated between pre and immediately post exercise sessions ($P < 0.05$). When the lactate concentrations were compared between order A and order B, no significant differences were demonstrated at immediately post exercise ($P > 0.05$). The

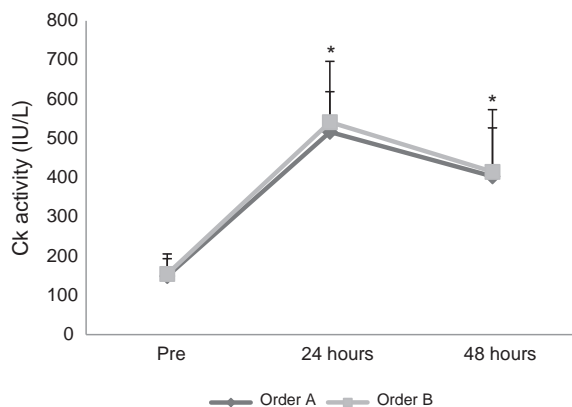


Fig. 1. Plasma CK concentrations order A and order B at before, 24 h and 48 h post exercise. Values are mean ± SD.* Significance difference to before test.

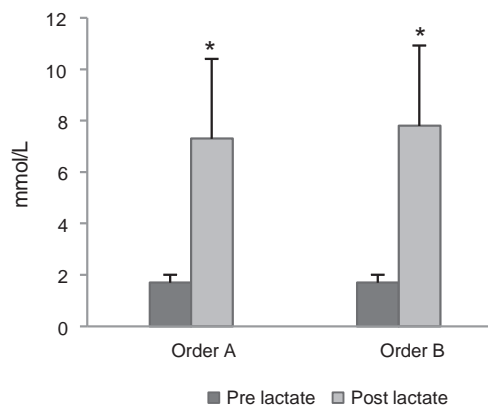


Fig. 2. Blood lactate concentrations order A and order B. Values are mean ± SD.* Significance difference to pre test ($P < 0.05$).

Table 2 Number of repetitions per set in both exercise orders (Mean ± SD).

	HS	LP	LX	LC
Order A				
First set	11.36 ± 2.69*	9.09 ± 3.33	10.09 ± 2.21	6.00 ± 1.34*
Second set	10.45 ± 2.80†	8.27 ± 2.41	10.00 ± 3.34	6.45 ± 2.01†
Third set	10.00 ± 2.48	8.09 ± 2.66	9.09 ± 2.38	6.09 ± 2.16
Fourth set	9.36 ± 2.80‡	7.45 ± 2.38	8.36 ± 2.70	6.00 ± 1.34‡
Order B				
First set	8.09 ± 1.75	8.68 ± 3	10.81 ± 2.22	11.90 ± 3.30
Second set	7.09 ± 1.86	7.54 ± 2.58	10.09 ± 2.70	11.18 ± 2.44
Third set	6.45 ± 1.75	6.81 ± 2.82	9.81 ± 2.99	10.81 ± 1.53
Fourth set	6.00 ± 1.67	6.72 ± 1.42	8.76 ± 2.10	10.36 ± 2.16

HS, hack squat; LP, leg press; LE, leg extension; LC, leg curl.
 * Significant difference when compared to the first set of order B.
 † Significant difference when compared to the second set of order B.
 ‡ Significant difference when compared to the third set of order B.
 § Significant difference when compared to the fourth set of order B.

comparison of sets between order A and the corresponding order B sets presented differences for 4 sets of HS ($P < 0.05$) and LC ($P < 0.05$). The LP and LE presented no significant difference between orders ($P > 0.05$) (Table 2). In relation to the total average of repetitions developed in each exercise per orders, differences were observed in HS exercise and LC (Fig. 3). There were no differences in the average of total number of exercise repetition for both resistance exercise orders (order A = $8 ± 1.61$, order B = $8.78 ± 1.96$). With regard to the OMNI scales, no differences were identified between order A

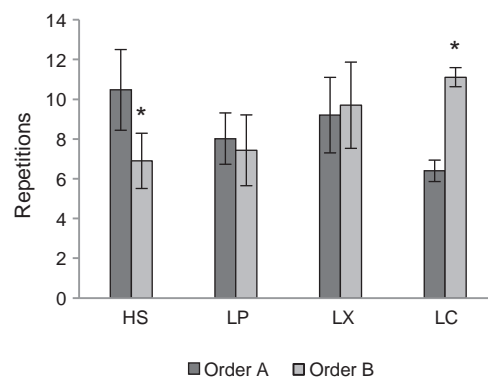


Fig. 3. Mean number of repetitions per exercise in both exercise orders. Values are mean ± SD. HS, hack squat; LP, leg press; LE, leg extension; LC, leg curl.* Significance difference found when compared to order A.

Table 3
Rating of perceived exertion (RPE) per exercise in both exercise orders (Median).

		HS	LP	LE	LC
Order A	Mean 4 sets	8	9	8	9
Order B	Mean 4 sets	9	9	8	8

HS, hack squat; LP, leg press; LE, leg extension; LC, leg curl.

(median = 8) and order B (median = 8). Increases in RPE for HS (order A: 8 and order B: 9) and LC (order A: 9 and order B: 8) were observed when those were performed later in the sequences (Table 3).

Discussion

This study examined the effects of different resistance exercise orders on markers of muscle damage (CK, lactate), number of repetitions and rating perceived exertion (RPE) in the untrained men. One of the primary findings of this study was that CK and lactate concentration increase as a result of resistance exercise, regardless of exercise order. According to these findings, Bellezza et al.¹⁵ have reported that there were no significant differences in lactate production in response to resistance exercise order in untrained men. These authors also reported that the average of total number of repetitions was greater from small to large condition¹². Our study showed no significant difference in the average total number of repetitions between large to small (8.24 ± 1.35) and small to large (8.96 ± 1.48) conditions. It appears that the difference in the study of Bellezza et al.¹⁵ is because the subjects did not perform full repetition maximum sets (10RM), on the contrary, in our study, all sets were performed with full repetition maximums until reaching a volitional fatigue for both exercise orders.

Similar to previous studies in which each exercise of the orders was performed to concentric failure in all sets^{5,10}, the present study indicated that exercise order does affect the number of repetitions to volitional fatigue in small muscle group (single-joint) and large muscle group (multi-joint) when they precede exercise for the same general body part. For example, in a multi-joint exercise, the HS total mean number of repetitions decreased (33.6%) in order B when it was preceded by the LC, LE, and LP exercises. Similarly, the total mean number of repetitions performed in a single-joint exercise (LC) decreased (42.3%) in order A when it was preceded by the HS, LP, and LE exercises (Fig. 3). The pattern of a significant decrease in the total mean number of repetitions in four sets indicated that multi-joint and single-joint exercises performance were negatively impacted when performed later in sequence. This decrease in the number of repetition may be as the result of increasing fatigue as the exercise session progresses.

Simao et al.¹⁵ examined the effect of exercise order on the total repetition performance in trained women. The exercise sessions consisted of three sets of each exercise with 80% of 1RM, with 2 min rest intervals between sets and exercises. One of the training sessions began with large muscle group exercise and progressed to exercises that involved small muscle groups (i.e. bench press, shoulder press, triceps extension, LP, LE, LC), while the other session progressed in the opposite order and lower body exercises being performed first in both sessions. Figueiredo et al.¹⁰ compared the effect of exercise order on local muscular endurance (the number of repetitions) in trained women. Two exercise sessions consisted of four sets for each five exercises with 60% 1RM. 2 min rest were applied between sets and exercises. The exercise sequence utilized was bench press, lat pull down, shoulder press, biceps curl and triceps extension in one session, and the exact opposite order in the second exercise sessions (triceps extension, biceps curl, shoulder press, lat pull down and bench press). The results of both studies^{5,10} indicated significantly fewer total repetitions for exercises performed later in the sequence, regardless of whether the exercise

involved relatively large or small muscle group. These authors suggested that exercise is considered of primary importance to meet individual needs and movement patterns, and then it should be performed early in training session. Our study differs from the two mentioned studies in which the researcher^{5,10} did not separate the effect of exercise orders on muscle damage indices. They analyzed only the effect of exercise order on the number of repetitions and RPE. However, there are 3 methodological differences between the present study and the above mentioned studies: (a) resistance utilized, (b) the subject population (men vs. women), (c) fitness level (untrained vs. trained). Despite these differences, the studies agree that when exercise for the same body part precedes another exercise of the same body part, performance decreased. Furthermore, our data demonstrated no significant changes for middle exercises of each sequence (i.e. LP, LE) and number of repetitions in the fourth set of each exercise within each order (Table 2).

Recent evidence suggests that OMNI scales provide a conveniently subjective estimate of resistance exercise intensity which can be used reliably to determine RPE^{17–19}. These scales have also been used to evaluate the level of local fatigue or strain and/or discomfort during the resistance exercise session^{17–19}. The 2 min rest interval may emphasize anaerobic glycolysis to a greater extent of the lactate production that is associated with the accumulation of H⁺ that lowers the pH of intracellular fluid¹². The resulting effect is the afferent feedback from muscle chemoreceptors and nociceptors that associates with an increase in the perception of exertion. The central nervous system responds to the increase in RPE by increasing pulmonary ventilation and motor unit recruitment¹⁹. Therefore, we chose to use this scale at the end of each exercise in the orders as a measure of localized muscle fatigue. Our data indicated significant increases in the RPE median after the performance of four sets of HS (order B) and LC (order A) when this exercises were performed later in the orders. These increases are probably to the increased accumulation of H⁺ at the end of training session. In support of the RPE results, the current study also demonstrated a significant increase in blood lactate immediately after exercise session. In addition, significant differences were not found in perceived exertion scale between training orders, an observation which is confirmed by previous studies^{4–10}. The significant difference in RPE scales happens just when a submaximal effort is done at a predetermined percentage of 1RM¹⁷. Therefore, in the present study we can conclude that the lack of significant difference in RPE between exercise orders may be due to the fact that each exercise of the orders was performed in voluntary exhaustion in all sets. Based on our knowledge, the present study is the first one that compares training intensity and muscle damage parameters in response to the two different exercise orders in lower body at untrained men. In the present study the training intensity of 70% 1RM has been utilized, which has not been used at this level in the previous studies^{4–10}. The training intensity used in this study would be deemed by many to be of moderate intensity¹⁵. Therefore, this training intensity can provide health benefits for our sample, which consisted of college-aged men who were physically active and recreationally fit. Future studies are needed to compare the influence of exercise orders with higher-intensity on muscle damage biomarkers and training intensity parameter in lower and upper body exercises, as well as the effect of exercise order on oxidative damage markers. The results of the current study indicate that muscle damage, as indicated by CK and lactate concentrations and RPE was almost the same when resistance exercise orders were performed to voluntary exhaustion in untrained men with 70% 1RM. In addition, this study showed that in both, large and small muscle group exercises, the maximum number of repetitions performed in the last exercise of the order decreases in lower-body exercises.

The present study found that, the evaluation muscle damage biomarkers and RPE, in response to acute resistance exercise in

lower-body, was independent of the order of exercise. If the purpose is to induce greater strength and hypertrophy, the exercises or movements most important to the objective of the training session should be performed at the beginning of the session.

Conflict of interest

The authors declare to have no conflict of interest.

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the participants who dedicated a great deal of time to collaborate in this study.

References

- Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, 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.
- American College of Sports Medicine. Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:687–708.
- Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med.* 2005;35:841–51.
- Spreuwenberg LP, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Hatfield DL, Silvestre R, et al. Influence of exercise order in a resistance-training exercise session. *J Strength Cond Res.* 2006;20:141–4.
- Simão R, Farinatti Pde T, Polito MD, Maior AS, Fleck SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2005;19:152–6.
- Simão R, de Salles BF, Figueiredo T, Dias I, Willardson JM. Exercise order in resistance training. *Sports Med.* 2012;42:251–65.
- Sforzo GA, Touey PR. Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training session. *J Strength Cond Res.* 1996;10:20–4.
- Stone MH, Wilson GD. Resistive training and selected effects. *Med Clin North Am.* 1985;69:109–22.
- Simão R, Farinatti Pde T, Polito MD, Viveiros L, Fleck SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercise in women. *J Strength Cond Res.* 2007;21:23–8.
- Figueiredo T, Rhea M, Bunker D, Dias I, De Salles BF, Fleck S, et al. The influence of exercise order on local muscular endurance during resistance training in women. *Hum Mov.* 2011;12:237–41.
- Jamurtas AZ, Theocharis V, Tofas T, Tsiokanos A, Yfanti C, Paschalis V, et al. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95:179–85.
- Kleiner DM, Worley, Michael E, Blessing, Daniel L. Creatine kinase response to various protocols of resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 1996;10:15–9.
- Paschalis V, Giakas G, Baltzopoulos V, Jamurtas AZ, Theocharis V, Kotzamanidis C, et al. The effects of muscle damage following eccentric exercise on gait biomechanics. *Gait Posture.* 2007;25:236–42.
- Paschalis V, Koutedakis Y, Jamurtas AZ, Mougios V, Baltzopoulos V. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *J Strength Cond Res.* 2005;19:184–8.
- Bellezza PA, Hall EE, Miller PC, Bixby WR. The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses. *J Strength Cond Res.* 2009;23:203–8.
- Baechele TR, Earle RW. *Essentials of strength training and conditioning.* Champaign IL: Human Kinetics; 2000.
- Brown LE, Weir JP. Accurate Assessment of Muscular Strength and Power, ASEP procedure recommendation. *J Exerc Physiol.* 2001;4:1–21.
- Lagally KM, Robertson RJ, Gallagher KI, Goss FL, Jakicic JM, Lephart SM, et al. Perceived exertion, electromyography and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:552–9.
- Lagally KM, Robertson RJ. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *J Strength Cond Res.* 2006;20:252–6.



Original article

Effects of power training in mechanical stiffness of the lower limbs in soccer players



G. Fábrica^{a,*}, F. López^a, A. Souto^b

^a Departamento de Biofísica, Unidad de Investigación en Biomecánica de la Locomoción Humana, Facultad de Medicina, Universidad de la República, General Flores 2125, Montevideo, Uruguay

^b Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes, Colonia 1870, Montevideo, Uruguay

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 July 2013

Accepted 24 May 2015

Keywords:

Biomechanics

Physiology

Sports

Power

Soccer

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was evaluate whether leg stiffness (*Kleg*) changes after power training. **Methods:** Forty professional soccer players were divided into 2 groups (20 were assigned to the trained group and 20 to the control group). A quasi-experimental study with pre–post intervention was conducted to estimate *Kleg* before (period 1) and after a six-week period of power training (period 2). Leg stiffness was measured using a three-dimensional filming method while soccer players ran on a treadmill at 13 km/h. The heights of squat jumps (SJ) and countermovement jumps (CMJ) were measured and the pre-stretch augmentation (PSA) was calculated before and after the training period in both groups.

Results: We found a significant increase in *Kleg* after the power training program. Significant positive linear relationships between *Kleg* and SJ height were found in both periods and groups, while CMJ height was not correlated with *Kleg* in the trained group during period 2. No significant relationships were found between *Kleg* and PSA in either case.

Conclusions: We concluded that *Kleg* can change significantly after a short power training program. Based on our results and previous studies, we suggest that these changes could be mainly associated with adaptations at muscle control level.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efectos del entrenamiento de potencia sobre la rigidez mecánica de miembros inferiores en jugadores de fútbol

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio fue evaluar si la rigidez de la pierna (*Kleg*) cambia después de un período de entrenamiento de potencia.

Métodos: Cuarenta jugadores profesionales de fútbol se dividieron en 2 grupos (20 se asignaron al grupo entrenado y 20 al grupo control). Se realizó un estudio cuasi-experimental con pre-post intervención para estimar *Kleg* antes (período 1) y después de 6 semanas de entrenamiento de potencia (período 2). Se cuantificó *Kleg* mediante la reconstrucción de imágenes en 3 dimensiones mientras los sujetos corrían en una cinta a 13 km/h. Se midieron las alturas de *squat jumps* (SJ) y *countermovement jumps* (CMJ) y se calculó el *pre-stretch augmentation* (PSA) antes y después del período de entrenamiento para ambos grupos.

Resultados: Se encontró un aumento significativo en *Kleg* después del programa de entrenamiento. Se encontraron correlaciones lineales positivas entre *Kleg* y la altura de los SJ en ambos períodos para los 2 grupos, mientras que la altura CMJ no se correlacionó con *Kleg* únicamente en el grupo entrenado durante el período 2. No se encontraron relaciones significativas entre *Kleg* y PSA.

Palabras clave:

Biomecánica

Fisiología

Deporte

Potencia

Fútbol

* Corresponding author.

E-mail address: cgfabrica@gmail.com (G. Fábrica).

Conclusiones: Llegamos a la conclusión de que Kleg puede cambiar significativamente como producto del entrenamiento de potencia. Basados en nuestros resultados y considerando estudios previos sugerimos que estos cambios podrían estar asociados principalmente con adaptaciones a nivel del control muscular.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efeitos do treinamento de potência sobre rigidez mecânica dos membros inferiores em atletas de futebol

R E S U M O

Palavras-chave:
Biomecânica
Fisiologia
Esporte
Potência
Futebol

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar mudanças na rigidez da perna (Kleg) após um período de treinamento de potência.

Método: Quarenta jogadores de futebol profissionais foram divididos em 2 grupos (foram designados 20 ao grupo treinado e 20 ao grupo controle). Se realizou um estudo quase experimental com uma intervenção pré/pós teste para estimar a Kleg antes (período 1) e após 6 semanas de treinamento de potência (período 2). A Kleg foi quantificada através de um método de filmagem tridimensional enquanto os sujeitos corriam em uma esteira a 13 km/h. Foram medidas as alturas nos testes *squat jumps* (SJ) e *countermovement jumps* (CMJ), e foi medido e calculado o aumento pré-estiramento (PSA), antes e depois do período de treinamento para ambos os grupos.

Resultados: Foi encontrado um aumento significativo em Kleg após o programa de treinamento. Foi encontrado uma correlação linear positiva entre a Kleg e a altura do SJ em ambos os períodos para os dois grupos, enquanto a altura do CMJ somente não se correlacionou com a Kleg no grupo treinado durante o período 2. Não foram encontradas relações significativas entre a Kleg e o PSA.

Conclusão: Chegamos à conclusão que a Kleg pode mudar significativamente como resultado ao treinamento de potencia de curta duração. Com base em nossos resultados e considerando estudos anteriores, sugerimos que estas alterações podem estar associadas, principalmente, com adaptações a nível de controle muscular.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

When people run, the musculoskeletal structure of the lower limbs can be modelled as a spring-mass system consisting of a linear spring which represents the stance limb, and a point mass equivalent to the body mass.¹⁻³ With this assumption, the spring stiffness would represent the overall mechanical stiffness of lower limbs during the stance phase.^{1,3-5} Mechanical stiffness of lower limbs has been evaluated through different experimental approaches, but Kleg is one of the most used ones.⁶ This is a global parameter that represents the stiffness of the muscle-tendon units in the legs during the effective ground contact phase.^{4,6}

Kleg is an important variable that can influence the performance of athletes.^{6,7} Furthermore, it has been established that power training programs could generate important changes in the structural and mechanical properties of the locomotor system, enabling changes in strength and speed rates.⁸ Considering that the rate of force development and sprint kinematics are included among the athletic variables that have been associated with Kleg,⁶ the evaluation of possible changes in Kleg after power training could be of great interest to the sport community. Specifically in sports like soccer, in which performances include high intensity intermittent activities,⁹ explosive strength or power is one of the most important capacities to work in physical training.

Regarding the factors that determine Kleg, Hobara et al.⁸ suggested that this variable is partly dependent on the muscle activation pattern and probably in short-latency stretch reflex response of the triceps surae. In a subsequent study, Hobara et al.¹⁰ found that Kleg of power-trained athletes is significantly higher than Kleg of distance runners. Furthermore, cross-sectional studies indicate that physical power training enhances Kleg.^{11,12} However, optimal Kleg required for running remains a topic of debate^{6,13-15} and few

studies are available that discuss the effect of power training on Kleg levels during human running.

Based on the literature that has been considered so far, a better understanding of changes in Kleg after a power training program contributes to the development of more effective training methods in soccer.

The goal of this study is to evaluate if Kleg changes after a short power training program. We hypothesized that after this training program an increase in the value of Kleg would be observed. Moreover, through the relationship between Kleg, SJ and CMJ heights, performed to evaluate the training program, and considering results of previous studies, we suggest possible explanations for Kleg values found before and after the training period.

Methods

Sample

Forty professional soccer players (24.7 ± 3.1 years, 73.3 ± 2.5 kg), without any recent injury, voluntarily participated in this study. They were selected by convenience (we worked with a full professional team) and divided randomly into two groups. One group underwent power training (group 1) and the other was the control group (group 2). The sample size in each group was estimated by the model for comparison of two means:

$$n = \frac{2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 \times S^2}{d^2}$$

where n is the number of subjects in each sample, Z_{α} and Z_{β} are the values corresponding to desired risk, S^2 is the variance of Kleg in the control group (taken from the literature⁶), and d is the minimum difference value to be detected (taken from literature).⁶

All the participants were informed about the objectives and the characteristics of the study, and their consent was obtained. This study was carried out according to the requirements of the local Committee for Medical Research Ethics and current Uruguayan laws and regulations.

Experimental design

A quasi-experimental study with pre–post intervention was conducted to estimate Kleg. The procedure included 2 test sessions before (period 1) and after a training period of six weeks (period 2). The training program focused on enhancing the capacity of the soccer players to apply and develop maximum strength in the shortest period of time (power training). During the power training period, athletes from both groups received the same additional soccer training sessions. This was an unavoidable factor of adaptive and functional interference.

The six-week training period was selected based on previous studies of power training.¹⁶ The total duration was divided into two mesocycles of 3 weeks each. The load dynamics for each mesocycle was 2-1, this means two microcycles in which the load was increasing and one microcycle in which the load was decreasing. Each microcycle consisted of three training sessions, and the workload was distributed following the same dynamics expressed for mesocycles (2-1).¹⁶

In the training sessions, jumps normally used in power training were performed. These included coordinative variants (multi-jumps), vertical jumps and horizontal jumps.¹⁶ The performance of the training plan is showed in Table 1.

To evaluate the training plan, hopping tests were performed in periods 1 and 2. The training was evaluated through the SJ and CMJ heights.¹⁷ Five jumps of each type were analyzed in each individual

in each period. In addition, the pre-stretch augmentation (PSA) was calculated as follows:¹⁷

$$PSA(\%) = (CMJ - SJ) \cdot 100SJ^{-1}$$

To calculate Kleg, each subject ran on a treadmill for 10 min at 13 km/h in period 1 and period 2. The running speed selected for the study is associated with the step frequency of 2.5 Hz, which corresponds to the middle range of frequencies selected in previous studies to evaluate hopping and jumping, in which the lower limbs behaved like a simple spring–mass system.^{11,18,19}

During the running and jumping kinematics test, data were collected using a VICON MOTION SYSTEMS (Oxford Metrics Ltd.) operating with 8 synchronized digital video cameras at 200 Hz. Infrared light-emitting diodes were placed in 40 anatomical references. A three-dimensional reconstruction was performed to determine the position of athlete's centre of mass (CM) during the stance.

Kleg evaluation

The coordinates of the CM for support during the races were exported to calculate Kleg in Matlab R2007b® (Mathworks, Inc.). Kleg was determined as the ratio of the maximum ground reaction force during contact (F_{max}) times the maximum leg spring compression displacement at the instant that this compression is maximal (VCL), where the compression of the leg spring is actually the vertical displacement of CM after landing^{6,7}:

$$Kleg = F_{max} \cdot VCL^{-1}$$

Considering that force platforms records limit the number of cycles to study and hinder the control of speed, in this study we opted for determining Kleg from kinematic data rather than from force plate analysis. The values of Kleg (in $kN m^{-1}$) were calculated

Table 1
Training program. Volume distribution for each Meso and Microcycles.

Meso-cycle	I			II		
	1	2	3	1	2	3
<i>Type of exercise: Jumps</i>						
1 – Coordinative variants	300	450	400	450	600	500
2 – Vertical jumps	150	230	200	230	300	250
3 – Horizontal jumps	50	70	60	70	100	80
Total volume	500	750	660	750	1000	830
Main muscular action						
1 – Coordinative variants						
SSC	300	450	400	450	600	500
2 – Vertical jumps						
Concentric	90	130	100	100	120	50
Eccentric – Isometric	0	0	0	0	0	0
SSC	60	100	100	130	180	200
3 – Coordinative variants						
SSC	50	70	60	70	100	80
Angular variations						
1 – Coordinative variants						
Minimal (average)	300	450	400	450	600	500
2 – Vertical jumps						
*Concentric phase						
1/4 Flexion	20	40	30	40	70	50
1/2 Flexion	70	90	70	60	50	0
Full flexion	0	0	0	0	0	0
Vertical jumps						
*During SSC						
Minimal flexion (short SSC)	20	30	30	50	80	100
1/2 Flexion (long SSC)	40	70	70	80	100	100
3- Horizontal jumps						
Minimal Flexion	50	70	60	70	100	80

SSC, stretch-shortening-cycle. Data are expressed in number of repetitions.

Table 2

Heights achieved in SJ and CMJ and PSA and Kleg values of control and trained groups evaluated in both periods (mean±standard deviation).

	Period 1		Period 2	
	Group 1	Group 2	Group 1	Group 2
SJ (cm)	38.6 ± 2.5*	38.5 ± 2.2*	39.1 ± 1.0*	43.6 ± 0.7*
CMJ (cm)	41.3 ± 2.0*	41.4 ± 2.5*	41.5 ± 2.1*	44.4 ± 1.7
PSA (%)	7.1 ± 2.8	8.0 ± 3.6	6.6 ± 2.5	1.9 ± 2.2
Kleg (kN m ⁻¹)	21.7 ± 0.4	21.5 ± 0.3	21.9 ± 0.3	25.9 ± 0.4

SJ, squat jump; CMJ, countermovement jump; PSA, pre-stretch augmentation; Kleg, leg stiffness.

* Significant correlations between the jump analysis and Kleg value for each group in each period. Differences found between groups for one period, and between periods for one group are detailed in the text.

through the method proposed by Morin et al.²⁰ for measuring stiffness during running only from body mass, contact time (t_c) and flight time (t_f) values, so that F_{\max} is given by:

$$F_{\max} = m \cdot g \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{t_f}{t_c + 1} \right)$$

where m is the athlete's body mass (in kg), g is the gravitational acceleration and t_c and t_f are flight and contact times (in s), respectively.

Statistical analysis

All the statistical analysis was performed in SPSS for Windows software (version 11.0.1 SPSS Inc.). Data distribution was first checked using the Shapiro–Wilk normality test. Since all the data were normally distributed, paired sample t -tests were performed to compare the heights reached in SJ and CMJ, and PSA, between different periods for both groups, and between different groups in the same period, to test whether training caused significant effects. The same analysis was carried out to compare Kleg to test a potential effect of the training program on mechanical stiffness. Furthermore, we used Pearson correlation coefficient to examine the relation between Kleg and SJ, CMJ and PSA before and after the training program, separately for each group. In all the tests, the significance level was set at $p < 0.05$. Unless otherwise specified, data are expressed as mean ± SD.

Results

Values obtained in this study for each group and periods are shown in Table 2. SJ and CMJ heights, as well as PSA calculation during period 1 showed no significant differences between the control and trained group. Significant differences were observed during period 2 when comparing the height achieved in SJ ($p = 0.017$) and the PSA ($p = 0.04$) between groups. Although the height achieved in CMJ during period 2 was, in average, 3 cm higher in the trained group, no significant differences could be established. The comparison of each group in different periods showed there were no significant changes in SJ, CMJ and PSA results in the control group, while the trained group showed a significant increase in the height achieved in SJ ($p = 0.013$) and a significant decrease in PSA ($p = 0.04$). In average, heights achieved in CMJ by the trained group increased approximately 3 cm compared to period 1, but no significant differences could be established.

Regarding the Kleg values, similar results were obtained for both groups in period 1. No significant changes were found in Kleg values in the control group when comparing period 1 and 2. The trained group showed a significant increase in Kleg ($p = 0.001$) in period 2 with respect to period 1. This increase caused significant differences in Kleg ($p = 0.003$) when comparing the trained group against the untrained group in period 2. As indicated in Table 2, a significant

positive linear relationship ($p < 0.05$) could be established between Kleg and SJ height in each one of the analyzed periods for both groups. While the CMJ heights were also correlated to Kleg before the training period for both groups, this association was only maintained for the control group in period 2. No significant correlations were found between Kleg and PSA in any case.

Discussion

In this paper we analyzed whether Kleg changed after a short duration power training program. We hypothesized that, after this training program, an increase in the value of Kleg would be observed.

The first consideration that we had to make was that, during the power training period, athletes from both groups received additional soccer training sessions. This was a factor that could involve adaptive and functional interference, which we could not avoid. However, the additional soccer training sessions performed by the athletes from both groups during the training period were similar, since they were part of the same team.

Regarding the effectiveness of the training regime, we consider it is reflected in the significant differences in the SJ heights achieved ($p = 0.017$) and in PSA ($p = 0.04$) when the trained group was compared to the untrained group, in the second period. The difference in the height achieved in the CMJ by the trained group when compared to the control group was three centimetres. Even though it was not significant, it could also be considered as a reflection of the effectiveness of the training process. The height reached in the SJ is independent from the accumulated elastic energy and reflexes, while the height of CMJ is influenced by these factors.²¹ Therefore, the changes observed in the heights of the jumps and PSA values suggests that this is dependent on the degree of muscle activation.

Some authors, like Hobará et al.,¹⁰ suggested that Kleg is partly dependent on the muscle activation pattern (coordination). Due to this, the changes observed in the heights of the jumps analyzed by comparing groups and periods, should be consistent with the values found for Kleg (Table 2).

Few studies have assessed stiffness at lower running speed, as has been done in this study (13 km/h). We selected that speed because it is close to the ones used in real situations and the assumptions for the model used to calculate Kleg are perfectly fulfilled.^{14,15}

To estimate Kleg, we used the method proposed by Morin et al.²⁰ but, unlike these authors, who used force platforms for data input that allow calculation of F_{\max} , we estimated F_{\max} from image data. The error in measuring F_{\max} directly from a force platform will obviously be less than estimating it from spatiotemporal data. However, as in a previous study, we determined the intraclass correlation coefficient (ICC) from the force recordings and kinematic estimates and found an ICC of 0.89. We believe it is appropriate to compare our results with studies in which platforms were used. In fact, Kleg values obtained in this study were similar to those obtained in a recent study made by Gaudino et al.²² In that study, the race of soccer players was analyzed and Kleg was calculated through the same method that we used here, but F_{\max} was measured with force platforms. The mean values found in this study for Kleg ranged from 21.5 ± 0.3 to 25.9 ± 0.4 kN m⁻¹. The minimum value of this range is very similar to the average value found for Ktot in natural grass (20.77 ± 3.82).²² These authors refer to Ktot instead of Kleg, because stiffness is the ability of the system to withstand a strain, and it obviously varies according to the surface that the person is in contact with.¹⁴ As the natural grass is certainly more rigid than other surfaces analyzed by Gaudino et al.,²³ the vertical displacement of CM on that surface is expected to be closer to a one-leg spring model.

The Kleg values we determined are comparable to those reported in the literature, experimentally obtained by using a different procedure as is the case of Hobara et al.,⁸ who used a force platform and evaluated Kleg at a hopping frequency of 2–2.4 Hz. This supports the validation and the reliability of the adopted theoretical method used in this work, even considering that our Kleg values are influenced by the degree of deformation of the treadmill during each step. In any case, the most important aspect of our study is the change in Kleg values, so that possible errors when calculating this parameter do not imply any limitation to the purposes of our investigation.

The significant increase in Kleg values observed after six weeks of power training ($25.9 \pm 0.4 \text{ kNm}^{-1}$ trained group in period 2) could be associated with changes in the muscle-tendon units which participate in the running process.^{8,10} During the run, these units are exposed to stretching and shortening dependently on the stiffness of their components, which in a simplistic analysis, could be divided into tendons and muscle fibres. Variations in the relative motion of the tendon and muscle fibre structures could be a possible explanation for the observed increase in stiffness, and can lead to an increase in joint stiffness, also altering the VCL.¹⁰ Training produced morphological changes in both, structural fibres, and tendons. On the other hand, studies in humans and in animal models, suggest that training can lead to change in muscle activity.²⁴ These two changes can generate an increase in the stiffness of each one of the different components of the muscle-tendon units, causing an increase in joint stiffness and hence in Kleg. The deformation of each one of these components depends on their relative stiffness and, in the case of muscle fibres, is closely associated to the degree of activation.^{24,25} In fact, a previous study suggests that there is a neuromuscular strategy to control Kleg.⁷ At low speeds, such as those studied here, muscular activation is low to moderate and thus the imposed stretching of muscle-tendon units involved in movements can be more easily associated with significant deformations of muscle fibres than that of tendons. In this way, small changes in the degree of activation could significantly influence Kleg values. Although we did not perform an electromyographic analysis of the muscles involved, it is well known that a power training program seeking to increase explosive force levels can lead to changes in active muscle participation. This was concluded in Hobara,¹¹ where Kleg control at a preferred frequency during hopping was analyzed. In this study, power training was evaluated through vertical jumps. As already discussed, we found a significant increase in SJ performance in the trained group when comparing period 2 (after training) with period 1 (before training), though there was no significant change in CMJ. Furthermore, only SJ height remained correlated to Kleg in the trained group before and after training, and it increased slightly. Explosive strength without pre-stretching depends primarily on the ability of muscle contractile components to generate a substantial force, which is determined by the ability to achieve high recruitment, synchronization and initial codification rates of rapid motor units.²⁵

Therefore, the changes found in Kleg and SJ heights, the results of the analysis of CMJ and PSA and the Kleg correlations with other variables suggest that changes are mainly associated with variations in muscle control. In this way, our results are consistent with the idea raised in Komi,²¹ that initial adaptations during a power training are of neuro-coordinative nature.

For future studies, it would be interesting to perform such analysis including records of muscle activity. Different periods of power training should also be evaluated to analyze whether changes in

the training extension imply major changes in Kleg and thus determine the optimum training period to develop Kleg. This would be of great interest among the sport and research communities considering the close relationship between mechanical stiffness and athletic performance.

Conflicts of interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

References

1. Cavagna GA, Franzetti P, Heglund NC, Willems P. The determinants of the step frequency in running, trotting and hopping in man and other vertebrates. *J Physiol.* 1988;399:81–92.
2. Blickhan R. The spring-mass model for running and hopping. *J Biomech.* 1989;22:1217–27.
3. McMahon TA, Cheng GC. The mechanics of running: how does stiffness couple with speed. *J Biomech.* 1990;23:65–78.
4. Kerdok AE, Biewener AA, McMahon TA, Weyand PG, Herr HM. Energetics and mechanics of human running on surfaces of different stiffnesses. *J Appl Physiol.* 2002;92:469–78.
5. Farley CT, Blickhan R, Saito J, Taylor CR. Hopping frequency in humans: a test of how springs set stride frequency in bouncing gaits. *J Appl Physiol.* 1991;71:2127–32.
6. Brughelli M, Cronin J. A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: methodology and implications. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18:417–26.
7. Bobbert MF, Cassius LJR. Spring-like leg behaviour, musculoskeletal mechanics and control in maximum and submaximum height human hopping. *Philos Trans R Soc Lond B: Biol Sci.* 2011;366:1516–29.
8. Hobara H, Kanosue K, Suzuki S. Changes in muscle activity with increase in leg stiffness during hopping. *Neurosci Lett.* 2007;418:55–9.
9. O'Donoghue PG. Time-motion analysis of work-rate in English FA Premier League soccer. *Int J Perform Anal Sport.* 2002;2:36–43.
10. Hobara H, Kimura K, Omuroc K, Gomi K, Muraoka T, Isob S, et al. Determinants of difference in leg stiffness between endurance and power-trained athletes. *J Biomech.* 2008;41:506–14.
11. Clark RA. The effect of training status on inter-limb joint stiffness regulation during repeated maximal sprints. *J Sci Med Sport.* 2009;12:406–10.
12. Rabita G, Couturier A, Lambert D. Influence of training background on the relationships between plantarflexor intrinsic stiffness and overall musculoskeletal stiffness during hopping. *Eur J Appl Physiol.* 2008;103:163–71.
13. Chelly SM, Denis C. Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:326–33.
14. Butler R, Crowell I, Davis I. Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clin Biomech.* 2003;18:511–7.
15. Laffaye G, Bardy BG, Durey A. Leg stiffness and expertise in men jumping. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:536–43.
16. Verkhoshansky Y. *Todo sobre el método pliométrico.* Barcelona: Paidotribo; 1999.
17. Walshe AD, Wilson GJ, Murphy AJ. The validity and reliability of a test of lower body musculotendinous stiffness. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1996;73:332–9.
18. Hobara H, Inoue K, Omuro K, Muraoka T, Kanosue K. Determinant of leg stiffness during hopping is frequency-dependent. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:2195–201.
19. Hobara H, Kato E, Obayashi Y, Ogata T. Sex differences in relationship between passive ankle stiffness and leg stiffness during hopping. *J Biomech.* 2012;45:2750–4.
20. Morin JB, Dalleau G, Kyröläinen H, Jeannin T, Belli A. A simple method for measuring stiffness during running. *J Appl Biomech.* 2005;21:167–80.
21. Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech.* 2000;33:1197–206.
22. Gaudino P, Gaudino G, Alberti G, Minetti AE. Biomechanics and predicted energetics of sprinting on sand: hints for soccer training. *J Sci Med Sport.* 2013;16:271–5.
23. Ferris DP, Farley CT. Interaction of leg stiffness and surface stiffness during human hopping. *J Appl Physiol.* 1997;82:15–22.
24. Herzog W, editor. *Skeletal muscle mechanics: from mechanisms to function.* United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.; 2000.
25. Petit J, Filippi GM, Emonet-Denand F, Hunt CC, Laporte Y. Changes in muscle stiffness produced by motor units of different types in peroneus longus muscle of cat. *J Neurophysiol.* 1990;63:190–7.



Artículo original

Confiabilidade do teste de corrida/caminhada de 9 minutos em crianças e adolescentes de 7-12 anos de idade



A.C. Paludo^{a,c,d,*}, M.B. Batista^{b,c,d}, H. Serassuelo Junior^{b,c,d}, G.B. Shigaki^{b,c,d}, E.S. Cyrino^{b,c,d} e E.R.V. Ronque^{b,c,d}

^a Universidade de São Paulo USP, Programa de Pós Graduação em Educação Física, São Paulo, Brasil

^b Universidade Estadual de Londrina UEL, Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEL-UEM, Londrina, Brasil

^c Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício- GEPAFE.CEFE, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil

^d Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício GEPEMENE. CEFE, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 2 de junho de 2013

Aceite a 9 de março de 2015

Palavras-chave:

Reprodutibilidade

Teste de campo

Criança

Adolescente

R E S U M O

Objetivo: O objetivo do estudo foi verificar a confiabilidade do teste de corrida/caminhada de 9 minutos em crianças e adolescentes de 7-12 anos de idade.

Método: Participaram do presente estudo 95 escolares de ambos os sexos (54 meninos e 41 meninas) do município de Londrina-PR, com idade média de 9.4 ± 1.8 anos; massa corporal 31.7 ± 13.1 kg e estatura 137.0 ± 15.2 cm. Os sujeitos realizaram o teste de corrida/caminhada de 9 minutos em uma pista de atletismo em 2 momentos, sendo separados por uma semana de intervalo entre cada medida, para avaliação do teste-reteste. A confiabilidade foi testada por testes estatísticos para esta finalidade considerando uma significância de 5%.

Resultados: O teste de 9 minutos apresentou um erro técnico de medida absoluto = 110.4 m e relativo = 9.1% e uma variação de 12.5%. Uma confiabilidade de $r=0.85$ e a maioria dos resultados apresentaram-se dentro dos limites de concordância 95% (magnitude de 21.1 ± 304.9 m).

Conclusão: Com base nos resultados observou-se que o teste de corrida/caminhada de 9 minutos apresenta resultados aceitáveis em relação aos cálculos realizados para verificação da confiabilidade em escolares de 7-12 anos de idade.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

La fiabilidad del test de correr-caminar de 9 minutos en niños y adolescentes de 7-12 años de edad

R E S U M E N

Objetivo: El objetivo del estudio fue analizar la fiabilidad del test de correr/caminar durante 9 minutos en niños y adolescentes de 7-12 años de edad.

Método: El estudio incluyó a 95 escolares de ambos sexos (54 niños y 41 niñas) de Londrina-PR con una edad media de 9.4 ± 1.8 años, peso corporal de 31.7 ± 13.1 kg y altura de 137.0 ± 15.2 cm. Los sujetos realizaron el test de caminata de 9 minutos en una pista de atletismo en 2 momentos separados por una semana para evaluación del test-retest. La fiabilidad fue valorada por tests estadísticos con un nivel de significación del 5%.

Resultados: El test de 9 minutos presentó un error técnico de medida absoluto de 110.4 m, un error relativo de 9.1% y una variación del 12.5%. La mayoría de los resultados se encontraron dentro de los límites de confianza del 95% (21.1 ± 304.9 m).

Palabras clave:

Reproducibilidad

Pruebas de campo

Niños

Adolescentes

* Autor para correspondência.

Correio eletrônico: anacarinopaludo@usp.br (A.C. Paludo).

Conclusión: Con base en los resultados, se observa que el test de correr-caminar de 9 minutos en escolares de 7-12 años de edad muestra resultados aceptables en relación a los cálculos realizados para determinar la fiabilidad.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Confiability of the run/walk 9 minutes test in children and adolescents from 7 to 12 years old

A B S T R A C T

Keywords:
Reproducibility
Field test
Children
Adolescents

Objective: The purpose of this study was to verify the confiability of the test run/walk 9 minutes in children and adolescents from seven to 12 years old.

Method: The study included 95 schoolchildren of both sexes (54 boys and 41 girls) from Londrina- PR with a mean age of 9.44 ± 1.80 years old, body weight 31.70 ± 13.10 kg and height 137 ± 15.2 cm. Subjects performed the test run/walk 9 minutes on a running track two times being separated by a week between each measure for evaluation of the test-retest. Confiability was tested by statistical testes, with a significance of 5%.

Results: The 9 minutes test presented an absolute error of 110.4 m, a relative error of 9.1% and a coefficient of variation of 12.5%. Most of the results were within the 95% limits of agreement (magnitude of 21.1 ± 304.9 m).

Conclusion: The run/walk 9 minutes test shows acceptable results in relation to the calculation performed to determine the reproducibility in schoolchildren from 7 to 12 years old.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

A aptidão cardiorrespiratória (ACR), componente da aptidão física tanto voltada para a saúde quanto para o desempenho atlético, vem sendo amplamente apontada na literatura como um importante aspecto de saúde, visto que níveis adequados desse componente estão associados a baixo risco de doenças cardiovasculares e mortalidade, na população adulta¹. Em populações pediátricas o mesmo benefício pode ser observado, sendo que índices satisfatórios da ACR estão inversamente relacionados com fatores de risco, tais como excesso de adiposidade abdominal e total, bem como perfil cardiovascular e metabólico desfavoráveis²⁻⁴.

Assim, a avaliação da ACR torna-se uma importante ferramenta para quantificar, identificar e prevenir possíveis fatores de risco em diferentes populações, como estratégia em âmbito de saúde pública. Neste sentido, a mensuração do consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) por meio da avaliação da potência aeróbia máxima, vem sendo reconhecido como um dos melhores índices para determinação da ACR em adultos e jovens. O VO_2 máx pode ser avaliado pela análise direta, envolvendo métodos laboratoriais ou por análise indireta, caracterizado pelos testes motores de campo no qual envolvem corridas e/ou caminhadas de diferentes distâncias⁵.

Os testes de campo têm sido uma das alternativas mais utilizadas para avaliação da ACR na população de crianças e adolescentes, por apresentarem importantes vantagens como: o baixo custo operacional; a facilidade de aplicação dos protocolos de teste; avaliação de um grande número de sujeitos simultaneamente; maior acessibilidade aos locais de teste, conseqüentemente permitindo a realização do teste fora do ambiente laboratorial, bem como utilizar-se dos resultados obtidos no teste para estimar a ACR⁶.

Contudo, apesar da viabilidade dos testes de campo, é imprescindível que seus respectivos protocolos forneçam uma boa estimativa do que se propõem a medir, apresentando boa validade e reprodutibilidade. A validade refere-se à habilidade do teste de medir aquilo que se propõe a medir, enquanto a reprodutibilidade reflete a consistência das medidas, no qual são realizadas

repetidas avaliações em um mesmo indivíduo sobre as mesmas condições⁷.

A reprodutibilidade de testes de campo ainda é pouco explorada, principalmente quando levamos em conta os testes existentes na literatura para a população de crianças e adolescentes. No Brasil, um dos testes mais utilizados para estimativa da ACR em jovens é o teste de corrida/caminhada de 9 minutos (9 min). Ele vem sendo sugerido como alternativa para a avaliação da ACR em baterias de testes motores nacionais⁸, bem como internacionais⁹. Além disso, fornece pontos de corte para triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares na infância¹⁰.

Diante desse fato e considerando os testes de campo para estimativa da ACR como ferramentas importantes e acessíveis de diagnóstico e prevenção de fatores de risco à saúde nos jovens, destaca-se a necessidade da investigação dos critérios relacionados à reprodutibilidade destes protocolos. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi verificar a reprodutibilidade do teste de corrida/caminhada de 9 min em crianças e adolescentes de 7-12 anos de idade, por sexo.

Método

Amostra

O presente estudo faz parte do banco de dados do projeto intitulado «Comparação da potência aeróbia estimada mediante a aplicação de 3 diferentes testes de campo em adolescentes», vinculado à Universidade Estadual de Londrina, do qual fizeram parte 288 escolares matriculados entre a 2.^a e 6.^a séries do ensino fundamental, de 2 instituições da rede pública de ensino do município de Londrina-PR, selecionadas por conveniência.

Do total de escolares participantes, foram sorteadas algumas turmas para realizar a repetição do teste. Foram incluídos nas análises aproximadamente 33% dos escolares que compuseram a amostra total, somando 95 sujeitos (54 meninos e 41 meninas) com as medidas repetidas do teste de 9 min.

Como critérios de inclusão foram considerados os seguintes aspectos: pertencer às séries preestabelecidas e estar regularmente matriculados nas instituições de ensino selecionadas no ano letivo de 2009 e no primeiro semestre de 2011. Como critérios de exclusão foram estabelecidas as seguintes condições: recusa em participar do estudo, não autorização dos pais ou responsáveis, apresentar algum problema físico que impedisse o indivíduo a realizar os testes motores e a ausência às aulas no dia da coleta dos dados.

Todos os alunos envolvidos na pesquisa e seus respectivos responsáveis foram informados previamente quanto aos objetivos do estudo e receberam esclarecimento sobre os procedimentos adotados. Os responsáveis assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina.

Antropometria

A massa corporal dos sujeitos foi obtida em uma balança digital com precisão de 0.1 kg (modelo PS 180A; Urano, Porto Alegre, Brasil) e a estatura foi determinada por um estadiômetro de madeira com precisão de 0.1 cm, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon et al¹¹. Todos os indivíduos foram medidos e pesados com roupas leves e descalços. Com base nessas informações, calculou-se o índice de massa corporal ($IMC = kg/m^2$).

Testes de 9 minutos

O teste de campo de 9 min foi realizado em uma pista de atletismo oficial, seguindo as recomendações de Cooper¹², no qual os sujeitos foram orientados a caminhar e/ou correr a maior distância possível no tempo de 9 min. Controlou-se a distância através do número de voltas completas na pista de 400 m, somando-se os metros adicionais.

Os sujeitos realizaram o mesmo protocolo do teste em 2 momentos, nas mesmas condições (período do dia), sendo separados por uma semana de intervalo entre as medidas.

Tratamento estatístico

Para verificar a distribuição dos dados foi utilizado o teste de *Shapiro Wilk*, através do qual se detectou que as variáveis antropométricas não apresentaram distribuição normal (descritas em mediana e intervalo interquartil). Assim, a comparação destas características por sexo foi estabelecida pelo teste *U* de *Mann-Whitney*. Por outro lado, os valores obtidos nos testes de 9 min foram analisados por meio dos testes paramétricos.

Para o cálculo da reprodutibilidade foi utilizado: erro técnico de medida (ETM) expresso na sua forma relativa e absoluta. O ETM absoluto foi calculado pela raiz quadrada da soma das diferenças entre as 2 aplicações, ao quadrado, dividida por 2 vezes o número de pares⁷.

$$ETM(\text{absoluto}) = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}}$$

No qual: $\sum d$ = somatório dos desvios elevado ao quadrado. n = número de voluntários medidos (testados). i = quantas forem as diferenças.

Enquanto o ETM relativo foi estabelecido de acordo com *Pederson* e *Gore*¹³, mediante a divisão do ETM absoluto pelo valor médio da variável multiplicado por 100.

$$ETM(\text{relativo}) = \frac{ETM(\text{absoluto})}{VMV} * 100$$

No qual: ETM (absoluto) = valor do ETM absoluto. VMV = valor médio da variável.

Tabela 1

Características descritivas da amostra apresentadas em mediana (intervalo interquartil)

Variáveis	Meninos (n=54)	Meninas (n=41)	Total (n=95)
Idade (anos)	9.5 (1.6)	9.0 (1.8)	9.4 (1.8)
Massa corporal (kg)	31.6 (9.2)	32.8 (16.7)	31.7 (13.1)
Estatura (cm)	137.0 (15.2)	135.5 (14.7)	136.5 (18.0)
IMC (kg/m ²)	16.8 (3.0)	17.8 (6.0)	17.2 (4.3)

IMC: índice de massa corporal.

Ainda foi utilizado o coeficiente de variação (CV) expresso pela divisão do erro padrão de estimativa (EPE) pela média da segunda medida (MSM) do teste de campo, multiplicado por 100.

$$CV = \frac{EPE}{MSM} * 100$$

Adicionalmente, o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) foi utilizado para verificar a consistência das medidas, a partir de informações da análise de variância de medidas repetidas. O teste «t» de *Student* pareado possibilitou a comparação entre as médias das distâncias percorridas no teste de 9 min no momento 1 e 2 e, por fim, a plotagem de *Bland* e *Altman*¹⁴ foi utilizada para análise individualizada dos limites de concordância (95%) entre as medidas repetidas. Utilizou-se a significância estatística de 5% para todas as análises.

Resultados

As características descritivas da amostra são apresentadas na tabela 1. O teste *U* de *Mann-Whitney* não indicou nenhuma diferença significativa nas variáveis descritivas entre os sexos ($p > 0.05$).

A distância média percorrida pelos sujeitos no primeiro momento em que o teste foi aplicado foi de 1224.0 ± 210.25 m (1253.0 ± 241.0 m para os meninos e 1185.6 ± 156.2 m para as meninas) e na réplica do teste a média foi de 1202.0 ± 221.28 m (1225.0 ± 231.2 m para os meninos e 1173.4 ± 206.5 m para as meninas), não ocorrendo diferença estatisticamente significativa ($p = 0,188$), como apresentado na figura 1.

O cálculo dos ETM (absoluto e relativo), CV e CCI, referentes à análise da reprodutibilidade do teste de 9 min, são apresentados na tabela 2.

Os dados de concordância da amostra total ($n = 95$) podem ser visualizados na figura 2.

A disposição dos pontos na figura 2 demonstra que grande parte dos valores estão localizados entre os limites de concordância ± 1.96 desvio padrão, mas com 5 indivíduos fora destes limites (outliers). Os limites de concordância apresentam-se na magnitude

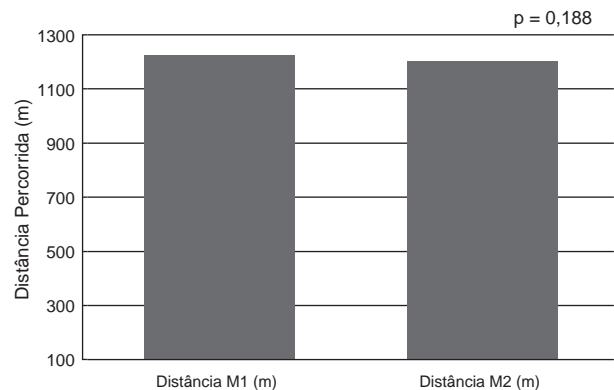


Figura 1. Distância média (metros) percorrida no teste de 9 min no momento um e momento 2.

Tabela 2

Cálculo da reprodutibilidade do teste de 9 min

Testes	Meninos (n=54)	Meninas (n=41)	Total (n=95)
ETM absoluto (m)	118.6	98.6	110.4
ETM relativo (%)	9.6	8.4	9.1
CV (%)	12.5	12.1	12.5
CCI	0.9	0.8	0.8

CCI: coeficiente de correlação intraclasse; CV: coeficiente de variação; ETM: erro técnico de medida.

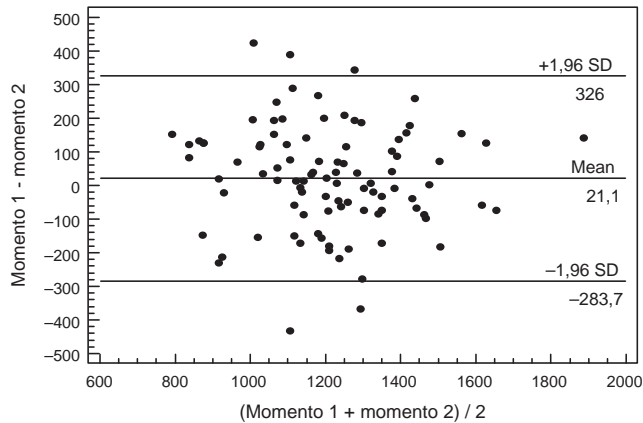


Figura 2. Concordância entre o momento um e momento 2 do teste de corrida/caminhada 9 min.

de 21.1 ± 304.9 m, ou seja, em 95% dos casos um mesmo jovem que realiza o teste de 9 min em 2 momentos distintos no tempo pode apresentar uma variação de aproximadamente 305 m, na distância total percorrida. Além disso, de maneira geral, os valores de distância avaliados pelo teste de 9 min no momento 1 foram superiores aos valores encontrados no momento 2, no entanto, o viés de medida entre os momentos (21.1 m) não foi considerado diferente de 0 ($p=0.188$), o que seria esperado para uma boa medida de concordância.

Discussão

O presente estudo apresentou como principais resultados que, os valores de reprodutibilidade podem ser considerados aceitáveis para o teste de 9 min, na amostra estudada.

Ao contrário das medidas antropométricas, nas quais existem pontos de corte que fornecem informações sobre os níveis das medidas de teste-reteste¹⁵, os testes motores e em particular os testes para avaliação da ACR, ainda não apresentam classificações e valores de referência para as medidas da reprodutibilidade.

Artigos de revisão encontrados na literatura^{6,7,16} enfatizam a importância de verificar a reprodutibilidade em testes que visam o desempenho, principalmente em testes de campo, no qual o erro aparenta ser maior^{7,16}, uma vez que as medidas de reprodutibilidade indicam a variação biológica e a técnica dos protocolos¹⁷, permitindo verificar a extensão do erro e viés dos testes. Neste sentido, a reprodutibilidade de um teste pode ser avaliada de forma relativa e absoluta. A forma relativa refere-se ao grau com que cada indivíduo mantém sua posição na mesma amostra sobre a medida repetida e a forma absoluta refere-se ao grau em que cada medida repetida varia para os indivíduos¹⁸.

Buscando avaliar a extensão de ambas as formas de expressão, o presente estudo analisou a reprodutibilidade relativa pelo teste estatístico de CCI e absoluta com os testes ETM, CV e análise de concordância de Bland e Altman, recomendados pela literatura para essa finalidade¹⁹.

Os resultados para a amostra total apontam para um ETM relativo de 9.1% e um CV de 12.5%, este último um pouco acima dos 10% recomendados pela literatura¹⁶. Seu CCI foi de $r=0.85$, que significa uma reprodutibilidade aceitável, conforme a classificação para os coeficientes de correlação propostos por Vincent²⁰ (alto: ≥ 0.90 ; moderado: 0.70-0.89; baixo: 0.50-0.70). Vale ressaltar que para os meninos, isoladamente, a classificação do CCI pode considerar a reprodutibilidade como alta ($r=0.90$) comparado as meninas ($r=0.80$).

A plotagem de Bland e Altman, que permite verificar limites de concordância entre as 2 medidas, pode ser entendida na análise de reprodutibilidade como o intervalo de tolerância da consistência entre os 2 testes²¹. Sendo assim, o esperado é que ao realizar 2 vezes o teste de 9 min, com os mesmos sujeitos em condições semelhantes, as diferenças entre o momento 1 e momento 2 sejam o mais próximas possível do valor 0 e o intervalo de confiança com os limites extremos próximos dos valores referentes às diferenças médias. Para o presente estudo, conforme visualizado no diagrama de dispersão (fig. 2), a diferença média apresentada entre os 2 momentos foi de 21.1 m. Em relação ao intervalo de confiança, os limites superior e inferior foram de 326 e -283.7 m, respectivamente.

Recentemente, Artero et al.²² reuniram informações em uma revisão sistemática acerca da reprodutibilidade dos testes de campo realizados em crianças e adolescentes para estimativa da ACR. Dos estudos encontrados na literatura, os testes que foram analisados a reprodutibilidade foram o teste de uma milha, $\frac{1}{2}$ milha, *shuttle-run* de 20 m, caminhada de 6 min, corrida de 5 min. O teste com melhor resultado de reprodutibilidade, classificado pelos autores como «forte», foi o teste de *shuttle-run* de 20 m e o teste de uma milha com «moderada» evidência.

Os resultados encontrados pelo presente estudo para o teste de 9 min são semelhantes aos resultados apresentados pelos testes analisados na revisão de Artero et al.²². A maioria dos trabalhos utilizaram as análises estatísticas de CCI e os limites de concordância apresentados na plotagem de Bland e Altman com o objetivo de analisar a reprodutibilidade dos testes. O CCI de $r=0.85$ para a amostra total do presente estudo encontra-se dentro dos valores de consistência apresentados nos resultados apontados pelos testes com a mesma finalidade, conforme sumarizam Artero et al.²².

Ao comparar os valores obtidos para o teste de 9 min no presente trabalho, com o teste de corrida/caminhada de 6 min do estudo de Li et al.²³, no qual apresentam as mesmas características (teste com tempo fixo), seus valores encontraram-se inferiores. O CCI do teste de corrida/caminhada de 6 min foi maior (0.94) e a média das diferenças e os limites de concordância foram menores (15 m; 65 m e -35 m, respectivamente) em relação ao teste de 9 min.

Tal comportamento parece ser explicado pelo fato da reprodutibilidade de testes com duração superior a 1 min, como no caso dos testes para verificação da ACR, apresentarem baixos valores de reprodutibilidade devido a variações no ambiente de realização dos testes e no *status* do avaliado incluindo seu estado nutricional, fadiga e motivação²⁴. Enfim, parece haver uma relação inversa entre tempo total de teste e variáveis relacionadas à sua validade, entre elas a reprodutibilidade.

Por fim, pode-se apontar como possíveis limitações encontradas na realização do presente estudo o controle das condições climáticas. Embora a temperatura e umidade relativa do ar não tenham sido exatamente os mesmos, tentou-se controlar os dias com temperaturas semelhantes, optando pela realização dos testes no mesmo período (tarde).

Por outro lado, um dos pontos positivos do estudo foi a utilização de todas as ferramentas estatísticas de verificação da reprodutibilidade indicadas na literatura, permitindo uma análise mais consistente dos resultados, tanto considerando valores médios quanto individuais. Adicionalmente, o presente estudo procurou manter os mesmos avaliadores no teste-reteste, favorecendo a

reprodução das mesmas condições de orientação e motivação repassada aos sujeitos.

Em resumo, o teste de corrida/caminhada de 9 min apresentou valores aceitáveis de reprodutibilidade, tanto em termos absolutos quanto em termos relativos, para a amostra de crianças e adolescentes estudada.

Financiamiento

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade em pesquisa (E.R.V.R e E.S.C.), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Doutorado outorgada (A.C.P e M.B.B.) e a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Paraná (FAADCT/PR) pelo financiamento ao projeto.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: A meta-analysis. *JAMA*. 2009;301:2024–35.
- Eisenmann JC, Welk GJ, Ihmels M, Dollman J. Fatness, fitness, and a cardiovascular disease risk factor in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1251–6.
- Anderssen SA, Cooper AR, Riddoch C, Sardinha LB, Harro M, Brage S, et al. Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factor in children independent of country, age and sex. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2007;14:526–31.
- Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *Int J Obes*. 2008;32:1–11.
- Guedes DP, Guedes JERP. Avaliação de aspectos funcionais: Sistema de mobilização em energia. In: Guedes DP, Guedes JERP, editors. *Manual prático para avaliação em educação física*. 1ª ed São Paulo: Manole; 2006. p. 346–415.
- Castro-Piñero J, Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2010;44:934–43.
- Currell K, Jeukendrup AE. Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med*. 2008;38:297–316.
- Gaya ACA. Projeto Esporte Brasil: PROESP-BR. Manual de Aplicação de Medidas e Testes, Normas e Critérios de Avaliação. Porto Alegre-RS, 2009.
- American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance (AAHPERD). *Physical Best: The American Alliance physical fitness education and assessment program*. Reston, VA: AAHPERD; 1980.
- Bergmann GG, Gaya ACA, Halpen R, Bergmann MLA, Rech RR, Constanzi CB, et al. Pontos de corte para a aptidão cardiorrespiratória e a triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares na infância. *Rev Bras Med Esporte*. 2010;16:339–43.
- Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length, and weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martoreli R, editors. *Anthropometric standardizing reference manual*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books; 1988. p. 3–8.
- Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen uptake. *J Am Med Assoc*. 1968;203:135–8.
- Pederson D, Gore C. Erros de medição em antropometria. In: Norton K, Olds T, editors. *Antropométrica*. Porto Alegre: Artmed; 2005. p. 71–86.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307–10.
- Norton K, Olds T. *Antropométrica*. Argentina: Biosystem; 2000.
- Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sport medicine. *Sports Med*. 1998;26:217–38.
- Bagger M, Petersen PH, Pedersen PK. Biological variation in variables associated with exercise training. *Int J Sports Med*. 2003;24:433–40.
- Baumgartner TA. Norm-referenced measurement: reliability. In: Safrit MJ, Wood TM. (eds.). *Measurement Concepts in Physical Education and Exercise Science*. Champaign, Illinois; 1989. p. 45–72.
- Bruton A, Conway JH, Holgate ST. Reliability: What is it, and how is it measured. *Physiotherapy*. 2000;86:94–9.
- Vincent W. *Statistics in kinesiology*. 3rd ed Champaign (IL): Human Kinetics; 2005.
- Chatburn RL. Evaluating of instrument error and method agreement. *AANA J*. 1996;64:261–8.
- Artero EG, España-Romero V, Castro-Piñero J, Ortega FB, Suni J, Castillo-Garzon MJ, et al. Reliability of field-based fitness tests in youth. *Int J Sports Med*. 2011;32:159–69.
- Li AM, Yin J, Yu CC, Tsang T, So HK, Chan D, et al. The six-minute walk test in healthy children: Reliability and validity. *Eur Respir J*. 2005;25:1057–60.
- Hopkins WG, Schabert EJ, Hawley JA. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med*. 2001;31:211–34.



Artículo especial

Posicionamiento de la *National Strength and Conditioning Association*-Spain. Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo



A.J. Herrero^{a,b,*}, J. Martín^a, P.J. Benito^c, I. Gonzalo-Martínez^{c,d}, I. Chulvi-Medrano^e, D. García-López^a y NSCA Spain

^a Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid, España

^b Centro de Investigación en Discapacidad Física, Fundación ASPAYM Castilla y León, Valladolid, España

^c Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

^d Elements Research Group, Asociación Profesional de Entrenamiento Personal, España

^e Instituto Internacional del Deporte y las Ciencias Aplicadas, Valencia, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 18 de marzo de 2015

Aceptado el 21 de mayo de 2015

Palabras clave:

Electroestimulación integral
Chalecos de electroestimulación
Electroestimulación de cuerpo completo
Composición corporal
Fuerza muscular

R E S U M E N

El objetivo de este artículo fue establecer, a partir de una revisión sistemática sobre la metodología del entrenamiento y los efectos sobre el organismo de la electroestimulación de cuerpo completo (en inglés, *whole body electromyostimulation* [WB-EMS]), el posicionamiento de la *National Strength and Conditioning Association* (NSCA)-Spain al respecto. Se buscaron en PubMed, Web of Science, Physiotherapy Evidence Database y Google Académico estudios que aplicasen WB-EMS en miembro superior e inferior, describiendo claramente el protocolo. Se analizaron 9 artículos. El protocolo habitual de entrenamiento con WB-EMS consistió en 3 sesiones de 20-30 min cada 2 semanas (85 Hz y ratio contracción-reposo de 4-4 o 6-4 s). La WB-EMS parece un medio poco eficaz para mejorar la fuerza máxima y no hay evidencias rigurosas que indiquen que disminuya la grasa corporal. La relación entre riesgo asumido y beneficio aportado hace que sean más recomendables otros medios de entrenamiento para la mejora de la fuerza muscular y para la modificación de la composición corporal.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

National Strength and Conditioning Association-Spain position stand. Whole-body electromyostimulation training

A B S T R A C T

The aim of this paper was to establish the position of the Spanish delegation of the National Strength and Conditioning Association (NSCA)-Spain about the methodology of training and the effects on the body of whole-body electromyostimulation (WB-EMS), from a systematic review. We searched PubMed, Web of Science, Physiotherapy Evidence Database and Google Scholar studies applying WB-EMS in the upper and lower limbs, which clearly described the protocols. Nine studies were analyzed. The usual WB-EMS training protocol consisted of 3 sessions every two weeks, lasting 20-30 min (85 Hz with a contraction-rest ratio of 4-4 or 6-4 s). The WB-EMS seems few effective to improve maximum strength and there is lack of evidence about its benefit to decrease body fat. The relationship between risk and profit makes other training methods more appropriate to improve muscle strength and body composition.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Integral electromyostimulation
Electromyostimulation vest
Whole body electromyostimulation
Body composition
Muscle strength

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jaherrero@uemc.es (A.J. Herrero).

Posicionamento da *National Strength and Conditioning Association*-Spain. Treinamento com eletroestimulação do corpo completo

R E S U M O

Palavras-chave:

Eletroestimulação integral
Vestimenta de eletroestimulação
Eletroestimulação de corpo inteiro
Composição corporal
Força muscular

O objetivo deste artigo foi estabelecer, a partir de uma revisão sistemática sobre a metodologia do treinamento e os efeitos sobre o organismo da eletroestimulação de corpo completo (WB-EMS), o posicionamento do *National Strength and Conditioning Association* (NSCA)-Spain, a respeito. Buscou-se no *PubMed*, *Web of Science*, *Physiotherapy Evidence Database* e Google Acadêmico estudos que aplicassem WB-EMS em membro superior e inferior, descrevendo claramente o protocolo. Se analisaram 9 artigos. O protocolo habitual de treinamento com WB-EMS consistiu em 3 sessões de 20-30 min cada 2 semanas (85 Hz e relação de contração-reposo de 4-4 ou 6-4 s) A WB-EMS parece ser um meio pouco eficaz para melhorar a força máxima e não há evidências rigorosas que indiquem que diminua a gordura corporal. A relação entre o risco assumido e benefício apontado faz com que outros métodos de treinamento sejam mais adequados para melhorar a força muscular e composição corporal.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La electroestimulación es una técnica utilizada desde hace décadas en los ámbitos de la rehabilitación y del entrenamiento. Esta técnica puede ser aplicada de forma invasiva, por medio de agujas (p.ej., electroacupuntura), o de forma no invasiva por medio de electrodos de superficie (p.ej., TENS). Cuando se aplica por medio de electrodos, puede contraer directamente la musculatura (electroestimulación muscular) o contraerla indirectamente mediante la activación de las ramas terminales de los axones neurales (electroestimulación neuromuscular [EMS]). La EMS se suele aplicar de forma local mediante la colocación de electrodos en el vientre muscular, lo más cercano posible al punto motor. Diferentes artículos de revisión han mostrado la eficacia de la EMS local para mejorar la fuerza muscular y producir adaptaciones neurales en sujetos sanos¹⁻⁶, en pacientes tras una intervención quirúrgica⁷⁻⁹ y en pacientes con enfermedades crónicas^{10,11}. La EMS también puede aplicarse de forma no local, mediante la utilización de trajes o chalecos, lo que se conoce como electroestimulación de cuerpo completo (en inglés, *whole body electromyostimulation* [WB-EMS]). Este tipo de entrenamiento¹² permite estimular simultáneamente hasta 14-18 regiones corporales (ambos muslos, ambos brazos, nalgas, abdomen, pecho, zonas baja de la espalda, zona alta de la espalda, dorsal ancho y 4 opciones libres) con un área total de electrodos de 2800 cm².

En los últimos 5 años se han creado en España más de 500 centros de entrenamiento que aplican WB-EMS a sus clientes, y la demanda de esta tecnología va en aumento. Las casas que comercializan estos aparatos aseguran en sus páginas web que con este medio de entrenamiento «se consigue activar musculatura profunda», «10 minutos equivalen a 4 horas de pesas», «adelgaza», «quema grasas hasta 72 horas después de un entrenamiento», «mejora la fuerza, el salto vertical, la resistencia y tonifica», «es el primer sistema que mejora la velocidad en atletas de élite» y «comprobado científicamente»¹³⁻¹⁵. Sin embargo, en estos sitios web no se cita ningún artículo científico serio que respalde estos mensajes. Como institución comprometida con el entrenamiento basado en la evidencia, la *National Strength and Conditioning Association* [NSCA]-Spain publica este posicionamiento, cuyo propósito es revisar el estado del conocimiento sobre la metodología del entrenamiento con WB-EMS sobre los efectos que tiene en el organismo y establecer si puede considerarse una forma de entrenamiento eficaz y segura.

Metodología

Búsqueda electrónica y criterios de inclusión

Este artículo se trata de una revisión sistemática, para la cual se ha realizado una búsqueda en las siguientes bases de datos: *PubMed* (desde 1951 hasta el presente), *Web of Science* (desde 1970 hasta el presente), *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) (desde 1929 hasta el presente) y Google académico. Las combinaciones de términos utilizadas en estas bases de datos fueron [*Whole body AND (electrostimulation OR electromyostimulation) OR miha bodytec*] en las 3 primeras bases de datos mencionadas, y [*Whole body electrostimulation OR Whole body electromyostimulation OR electroestimulación de cuerpo completo OR electroestimulación integral OR miha bodytec*] en Google académico. La última búsqueda electrónica se realizó el 23 de febrero de 2015. Las referencias citadas en los artículos encontrados también fueron revisadas para localizar más estudios.

La lista de títulos y resúmenes arrojada por la búsqueda fue analizada minuciosamente para seleccionar artículos que cumplieren los siguientes criterios de inclusión: a) aplicación de WB-EMS de forma simultánea en miembro superior y miembro inferior; b) proporcionar información sobre el protocolo de EMS aplicado, al menos para el grupo de intervención, y c) incluir mediciones de la condición física o de la composición corporal.

Extracción de datos

Los datos extraídos fueron: tipo de artículo, características de la muestra (tamaño, sexo, edad, nivel de entrenamiento), protocolo de entrenamiento (duración del estudio, sesiones totales, sesiones por semana, contracciones por sesión, duración de la sesión, número de grupos musculares entrenados), parámetros de la corriente (electroestimulador, tipo de corriente, ancho de impulso, frecuencia, tiempo de contracción, tiempo de reposo, *duty cycle*, intensidad) y principales resultados.

Resultados

Selección de estudios

Los diferentes pasos de la búsqueda electrónica se resumen en la figura 1. Se identificaron un total de 96 artículos con los parámetros de búsqueda anteriormente indicados. Tras eliminar los artículos que aparecían por duplicado, quedaron 54. Se leyeron

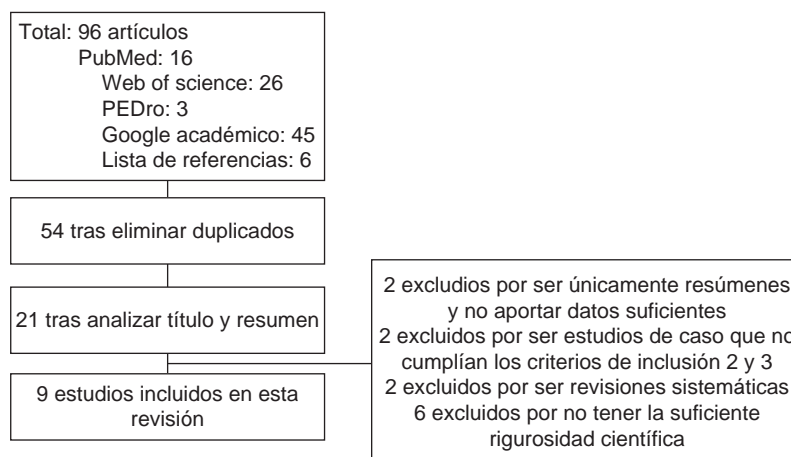


Figura 1. Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda de artículos.

detalladamente el título y el resumen para eliminar aquellos que no cumplían los criterios de inclusión. Finalmente, 2 resúmenes^{16,17} y 2 estudios de caso^{18,19} fueron excluidos por no aportar datos suficientes sobre los protocolos de entrenamiento aplicados, y otros 2 no se incluyeron por tratarse de revisiones sistemáticas^{3,20}. También se excluyeron 4 observaciones no publicadas²¹⁻²⁴, una contribución a un congreso²⁵ y una publicación de divulgación científica²⁶. De los 9 estudios originales que se incluyen en esta revisión, 8 evalúan efectos crónicos y uno, efectos agudos.

Estudios incluidos

En la tabla 1 se resumen las características de los 8 estudios que evaluaron los efectos crónicos de la aplicación de WB-EMS, así como del estudio que evaluó efectos agudos²⁷. Pese a que en la tabla 1 se muestran 9 estudios, todos los datos corresponden únicamente a 4 fases experimentales diferentes. Tres de estas fases experimentales son llamadas por los autores TEST-I, TEST-II y TEST-III, correspondiendo a fases de efectos crónicos. La cuarta fase corresponde al estudio de efectos agudos. Se aprecian diferentes publicaciones duales, puesto que 3 artículos publicados en alemán²⁸⁻³⁰ están publicados en inglés con exactamente los mismos datos^{12,31,32}. Además, 2 estudios de Kemmler et al.^{31,33} son idénticos, con la diferencia de que en el primero de ellos solamente se analizaron los datos de los sujetos cuya circunferencia de cintura era superior a 80 cm en el pretest. Respecto a los participantes, los estudios de efectos crónicos han sido llevados a cabo en personas de más de 60 años, generalmente en mujeres posmenopáusicas con osteopenia y osteoporosis (TEST-I y TEST-III). En 2 fases experimentales participaron sujetos sedentarios (TEST-II y TEST-III), mientras que en otras 2 participaron sujetos acostumbrados a entrenar (TEST-I y el estudio de Kemmler et al.²⁷).

Protocolos de entrenamiento

Puesto que todos los estudios publicados sobre efectos crónicos se basan en 3 fases experimentales (TEST-I, TEST-II y TEST-III), la tabla 2 resume las principales características de los protocolos de entrenamiento con WB-EMS aplicados en ellas. En el TEST-I todos los sujetos realizaron 2 sesiones de entrenamiento en grupo supervisadas (60-65 min) y 2 sesiones de entrenamiento en casa (20-25 min) por semana³⁴. Estas sesiones incluyeron ejercicio aeróbico, saltos multilaterales y ejercicios de fuerza (1-3 series, 6-12 repeticiones, 70-85% 1RM). Además de esto, el grupo experimental realizó un entrenamiento con WB-EMS en el que se ejecutaron 15 ejercicios dinámicos con pequeños rangos de movimiento³⁴. En

el TEST-II el grupo experimental llevó a cabo un entrenamiento de fuerza consistente en 5-7 ejercicios (2 series, 8-10 repeticiones) con WB-EMS superpuesta²⁸. En este estudio el grupo control ejecutó ejercicios de estiramiento (6 ejercicios, 2 series, 40-60 s por repetición) sobre plataformas vibratorias en sesiones de 18 min con una frecuencia de 30 Hz, una amplitud de 1.7 mm y una aceleración de 1.3 a 2.2 g²⁸. Finalmente, en el TEST-III el grupo experimental realizó en cada sesión 10-14 ejercicios dinámicos sin carga adicional (1-2 series de 8 repeticiones); la velocidad y la intensidad de estos ejercicios fueron consideradas bajas³¹. El grupo control entrenó durante 2 periodos de 10 semanas, separados por otras 10 semanas entre medias, a razón de una sesión de 60 min por semana. Este grupo realizó los mismos ejercicios de fuerza que el grupo experimental (8-10 ejercicios, 2 series, 8 repeticiones)³¹.

Parámetros de la electroestimulación de cuerpo completo

En todos los estudios consultados se utilizó el mismo aparato de entrenamiento (MIHA bodytec®, Augsburg, Alemania), que administra una onda bipolar. El ancho de pulso utilizado fue siempre 350 μs. Dos estudios aplicaron 2 corrientes distintas durante la misma fase experimental^{28,34}, mientras que otros 2 estudios aplicaron una única corriente^{27,31}. En el TEST-I se aplicaron 2 corrientes diferentes: una de 85 Hz y otra de 7 Hz durante 10 min cada una³⁴. En el resto de estudios se aplicó una corriente de 85 Hz. Los tiempos de contracción oscilaron entre 4 y 6 s, mientras que los tiempos de reposo fueron siempre de 4 s. El tiempo de rampa en todos los estudios fue cero. El *duty cycle*, que es la relación entre el tiempo de contracción y el tiempo de un ciclo contracción-reposo, osciló entre el 50 y el 60%. Finalmente, para expresar la intensidad del entrenamiento varios estudios utilizaron una escala de esfuerzo percibido (RPE), solicitando a los sujetos que alcanzasen una intensidad entre «algo duro» y «duro»^{28,29,31,34}. En el estudio de efectos agudos, la intensidad administrada fue la máxima tolerada por los sujetos²⁷.

Principales resultados

Gasto calórico

A nivel agudo, una sesión de entrenamiento con WB-EMS en varones jóvenes (26.3 años), en comparación con la misma sesión de entrenamiento con el traje de WB-EMS puesto pero sin administrar corriente, supuso un gasto calórico un 17% mayor ($412 \pm 60 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1}$ respecto a $352 \pm 70 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1}$, $p < 0,01$)²⁷. Sin embargo, tras un periodo de entrenamiento de 14 semanas con WB-EMS el gasto calórico en reposo no se modificó, aconteciendo lo mismo en el grupo control (GE: -0.2%, GC: -5.3%)³⁴.

Tabla 1
Características de los participantes de los estudios incluidos en esta revisión

Artículo	Grupo	Sujetos (n)	Sexo	Edad	Nivel de entrenamiento
Kemmler et al. ³⁴ (TEST-I)	GE	15	M	65.6	> 3 años entrenamiento
	GC	15	M	63.3	> 3 años entrenamiento
Kemmler et al. ²⁸ (TEST-II)	Este artículo está en alemán y se ha resumido en inglés en Kemmler et al. ³²				
Kemmler et al. ²⁹ (TEST-III)	Este artículo está en alemán y se ha publicado una copia idéntica en inglés en Kemmler et al. ³¹				
Kemmler et al. ³² (TEST-I y TEST-II)	GE	14	H	69	Sedentarios con síndrome metabólico
	GC	14	H		Sedentarios con síndrome metabólico
Kemmler et al. ³⁰ (TEST-III)	Este artículo está en alemán y se ha publicado una copia idéntica en inglés en Stengel et al. ¹²				
Kemmler et al. ³¹ (TEST-III)	GE	32	M	74.7	Sedentario
	GC	28	M	74.7	Sedentario
Kemmler et al. ³³ (TEST-III)	GE	23	M	74.7	Sedentario CCin > 80 cm
	GC	23	M	74.7	Sedentario CCin > 80 cm
Stengel et al. ¹² (TEST-III)	GE	32	M	74.7	Sedentario
	GC	28	M	74.7	Sedentario
Kemmler et al. ²⁷	Diseño cruzado aleatorizado	19	H	26.3	5-8 h ejercicio/semana durante los últimos 2 años

CCin: circunferencia cintura; GC: grupo control; GE: grupo experimental; H: hombre; M: mujer.

Composición corporal

Tras un programa de entrenamiento con WB-EMS la masa muscular aumentó en las 3 fases experimentales (TEST-I, TEST-II y TEST-III) respecto al grupo control^{28,31-34}. En el TEST-I la masa muscular fue evaluada indirectamente mediante el consumo metabólico en reposo determinado por calorimetría indirecta³⁴. En el TEST-II y en el TEST-III la masa muscular se evaluó mediante absorciometría dual de rayos X^{28,31}. La circunferencia de cintura disminuyó, no así la circunferencia de cadera³⁴. La suma de pliegues cutáneos³⁴ y la masa grasa total²⁸ disminuyeron en 2 fases experimentales (TEST-I y TEST-II), no así en el TEST-III, en donde tampoco se modificó la masa grasa abdominal³¹. Sin embargo, si en el TEST-III se analizan únicamente los datos de las personas que tenían una circunferencia de cintura inicial superior a 80 cm, la masa grasa abdominal y del muslo disminuyeron³³. La densidad mineral ósea tampoco se modificó respecto al grupo control tras 54 semanas de entrenamiento¹².

Fuerza máxima

El entrenamiento con WB-EMS fue capaz de mejorar la fuerza máxima de los extensores del tronco, de los extensores de la rodilla y de prensión manual, respecto a los grupos control (tabla 4).

Discusión

Esta revisión muestra que actualmente hay un número de estudios muy reducido sobre el entrenamiento con WB-EMS. La primera referencia a la WB-EMS data de 2002²³, si bien el primer artículo publicado en una revista indexada en ISI-JCR apareció en 2010³⁴. Por tanto, la WB-EMS es un medio de entrenamiento muy reciente cuya práctica se ha extendido enormemente antes de que

existan evidencias científicas sobre sus efectos, ya sean favorables o adversos.

Los participantes de la mayoría de los estudios revisados fueron personas mayores con osteopenia, osteoporosis^{31,34} o síndrome metabólico²⁸. La validez externa de los estudios analizados es, por tanto, reducida y no deberían generalizarse los resultados a otras poblaciones. Por otro lado, la validez interna de los estudios analizados hay que valorarla con cierta cautela. En el TEST-I³⁴ el grupo experimental realiza el mismo programa de ejercicio que el grupo control más las sesiones de entrenamiento con WB-EMS, por lo que la carga de entrenamiento es desigual en ambos grupos. En el TEST-II²⁸ el grupo experimental realiza un programa de ejercicios de fuerza con WB-EMS superpuesta, mientras que el grupo control realiza ejercicios de estiramiento sobre una plataforma vibratoria. En el TEST-III³¹ el grupo experimental entrena durante 54 semanas en sesiones de 19 min, mientras que el grupo control hace 2 bloques de entrenamiento de 10 semanas en sesiones de 60 min. Por tanto, ninguno de los estudios tiene un grupo control que permita discernir si es el programa de ejercicios realizado durante las sesiones de WB-EMS o la propia corriente lo que produce las adaptaciones observadas. También llama la atención que, tratándose de personas sedentarias no acostumbradas a entrenar^{28,31}, no se mencione en los artículos que los sujetos realizasen sesiones de familiarización con las pruebas de valoración de la fuerza muscular. Se ha descrito que en hombres y mujeres sedentarios con una media de edad de 63 años es necesario llevar a cabo al menos 3 sesiones de familiarización para tener una medida fiable de la fuerza muscular³⁵.

En los estudios analizados el protocolo de WB-EMS habitual consistió en 3 sesiones cada 2 semanas, con una duración de entre 20-30 min en las que se aplicó una corriente de 85 Hz con una ratio contracción-reposo de 4-4 o 6-4 s (tablas 2 y 3). La corriente se aplica en 8-10 regiones corporales de forma simultánea, mientras

Tabla 2
Características de los protocolos de entrenamiento aplicados a los grupos que recibían WB-EMS en las 3 fases experimentales (TEST-I, TEST-II y TEST-III) en las que se basan los estudios revisados

Artículo	Duración estudio (semanas)	Sesiones totales	Sesiones por semana	Contracciones por sesión	Duración sesión (min)	Regiones corporales entrenadas (n)
Kemmler et al. ³⁴ (TEST-I)	14	-	1 cada 4-5 días	Programa A: 75 Programa B: CC	20 (10 + 10)	10
Kemmler et al. ²⁸ (TEST-II)	14	20	2 cada 10 días	Durante 15 min: CC Durante 15 min: 112	30	8
Kemmler et al. ³¹ (TEST-III)	54	80	3 cada 2 semanas	~ 110	18-19	8

CC: corriente continua; WB-EMS: whole body electromyostimulation.

Tabla 3
Parámetros de la corriente aplicada durante los entrenamientos con WB-EMS

Artículo	Ancho de impulso (μs)	Frecuencia (Hz)	Tiempo contracción (s)	Tiempo reposo (s)	Duty cycle (%)	Intensidad
Kemmler et al. ³⁴ (TEST-I)	350	Programa A: 85	Programa A: 4	Programa A: 4	50	RPE:1-7 (sobre 10)
Kemmler et al. ²⁸ (TEST-II)	350	Programa B (CC): 7 Durante 15 min (CC): 85	–	–	–	De moderada a alta
Kemmler et al. ³¹ (TEST-III)	350	Durante 15 min: 85	4	4	50	RPE: 14-16
Kemmler et al. ²⁷	350	85	6	4	60	RPE: 14-16
		85	4	4	50	Máxima tolerable

CC: corriente continua; RPE: escala de esfuerzo percibido; WB-EMS: *whole body electromyostimulation*.

los sujetos realizan ejercicios dinámicos de fortalecimiento. En la revisión sistemática de Filipovic et al.³ se indica que la EMS local ha sido capaz de aumentar la fuerza máxima isométrica desde un 22% hasta un 58% y la fuerza máxima dinámica desde un 3% hasta un 79%. Respecto a la WB-EMS, los mayores incrementos constatados de fuerza máxima isométrica son del 9%³ o del 15%²⁸, y los de fuerza máxima dinámica, del 14%³. Las razones por las cuales la WB-EMS es menos efectiva para mejorar la fuerza máxima que la EMS local podrían ser:

- La EMS local se suele aplicar de forma isométrica, por lo que la fuerza muscular evocada por la corriente es mucho mayor (59% de la máxima contracción voluntaria de media en los 35 artículos analizados en Filipovic et al.²⁰); con WB-EMS, al entrenarse de forma dinámica, no hay posibilidad de cuantificar la intensidad de la contracción.
- La fuerza de la contracción depende de la intensidad de corriente tolerada y las adaptaciones al entrenamiento dependen, a su vez, de la fuerza de la contracción⁴; cuando un músculo está

Tabla 4
Principales resultados de las variables evaluadas en los estudios que entrenaron con WB-EMS incluidos en esta revisión

Artículo	Grupo	Composición corporal	Fuerza máxima
Kemmler et al. ³⁴ (TEST-I)	GE	Suma pliegues: –8.6% [†] CCin: –2.3% [†] CCad: –2.3%	FMI-ET: +9.9% [†] FMI-ER: +9.6% ^{**}
	GC	Suma pliegues: +1.4% CCin: +1.0% [†] CCad: +1.3%	FMI-ET: –6.4% FMI-ER: –4.5%
Kemmler et al. ^{28,32} (TEST-II)	GE	Masa muscular apendicular: +0.8% ^{***} Masa grasa abdominal: –6.8% ^{**} Masa grasa total: –6.3% ^{***} CCin: –5.6% ^{**}	FMI-ER: +15% [†]
	GC	Masa muscular apendicular: –1.1% Masa grasa abdominal: –0.9% Masa grasa total: –1.4% CCin: –3.3%	FMI-ER: +3%
Kemmler et al. ³¹ (TEST-III)	GE	Masa muscular apendicular: +0.4% ^{**} Masa magra corporal: +0.8% ^{**} Masa grasa abdominal: –2.9% Masa grasa total: –0.8%	FMI-ET: +10.1% [†] FMI-ER: +9.8% ^{**}
	GC	Masa muscular apendicular: –1.5% ^{**} Masa magra corporal: –0.8% ^{**} Masa grasa abdominal: +1.5% Masa grasa total: –0.4%	FMI-ET: –1.6% FMI-ER: +0.2% [†]
Kemmler et al. ³³ (TEST-III ^a)	GE	Masa muscular apendicular: +0.5% ^{***} Masa magra muslo: +0.5% ^{***} Masa grasa abdominal: –1.2% ^{***} Masa grasa muslo: –0.8% ^{***} CCin: –1.1% [†]	FMI-ER: +9.1% ^{**}
	GC	Masa muscular apendicular: –0.8% Masa magra muslo: –0.9% Masa grasa abdominal: +2.4% Masa grasa muslo: +1.0% CCin: +1.0%	FMI-ER: +1.0%
Stengel et al. ¹² (TEST-III)	GE	DMO-L: +0.6% DMO-F: –0.9% Masa magra corporal: +0.7% ^{**}	FMI presión manual: +10.5% [†]
	GC	DMO-L: –0.6% DMO-F: –1.0% Masa magra corporal: –0.8%	FMI presión manual: +2.2%

CCad: circunferencia cadera; CCin: circunferencia cintura; DMO-F: densidad mineral ósea de la zona proximal del fémur; DMO-L: densidad mineral ósea de la zona lumbar (L1-L4); FMI-ER: fuerza máxima isométrica de los extensores de la rodilla; FMI-ET: fuerza máxima isométrica de los extensores del tronco; GC: grupo control; GE: grupo experimental;

^a TEST-III seleccionando a los sujetos que tenían una circunferencia de cintura > 80 cm.

***, **, †: diferencias respecto al grupo control con $p < 0.05$, $p < 0.01$ y $p < 0.001$, respectivamente.

- acortado, por ejemplo cuando se entrena de forma dinámica con WB-EMS, la intensidad tolerada no es muy elevada, ya que el dolor percibido aumenta considerablemente, limitándose el reclutamiento de unidades motrices³⁶.
- c) En la EMS local el *duty cycle* habitual suele ser del 16.7 o del 23.8%, mientras que en la WB-EMS suele ser del 50 o del 60%; cuanto mayor es el *duty cycle*, mayor es la fatiga muscular y, en consecuencia, la fuerza generada por la corriente decae rápidamente³⁷; en el entrenamiento con EMS isométrica se ha establecido un *duty cycle* óptimo en torno al 20%^{37,38}.
- d) Cuanto mayor es la frecuencia utilizada, mayor es la fatiga muscular producida³⁹; por encima de 70 Hz la fuerza muscular no incrementa sustancialmente, pero sí lo hace la fatiga³⁹; por tanto, los 85 Hz habituales que se utilizan con WB-EMS, teniendo en cuenta el elevado *duty cycle*, quizá sean demasiado elevados y podría resultar más interesante aplicar corrientes de 50 Hz, también utilizadas para mejorar la fuerza con EMS^{1,20}.
- e) Con EMS local la colocación de los electrodos es más precisa, pues estos se ubican sobre los puntos motores de la musculatura a entrenar. Esta colocación de electrodos hace que la corriente sea más cómoda de tolerar y maximiza el reclutamiento espacial de unidades motrices, haciendo que la fuerza generada por la contracción sea mayor⁴⁰.

Si a todo lo expuesto se añade que diferentes revisiones llegan a la conclusión de que el entrenamiento tradicional es más efectivo para incrementar la fuerza muscular en sujetos sanos que la electroestimulación^{1,2}, se puede intuir que la WB-EMS es un medio poco eficaz para la mejora de la fuerza muscular.

El estudio de Kemmler et al.²⁷ sobre el gasto calórico tiene un diseño experimental muy robusto. Además de ser un diseño cruzado aleatorio, en la situación control los participantes realizaban los mismos ejercicios que en la situación experimental, con el chaleco puesto pero sin administrarse corriente para equiparar el nivel de sudoración. Este estudio muestra que una sesión de 16 min con WB-EMS genera un gasto calórico de $412 \pm 60 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}$, lo que supone un mayor consumo que la situación control ($352 \pm 70 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}$, $p < 0,01$). El autor expresa el gasto calórico por hora; teniendo en cuenta que la sesión dura 16 min, podemos calcular que el gasto calórico de una sesión de entrenamiento con WB-EMS es de 110 kcal, respecto a las 94 kcal de la misma sesión sin electroestimulación. La diferencia en el número de calorías por sesión parece reducida, y aun así surge la duda de si esta diferencia pudiera deberse a un incremento del metabolismo glucolítico o lipídico, pues la WB-EMS se oferta en los centros de entrenamiento como un sistema que adelgaza. En los estudios revisados encontramos casos en los que la WB-EMS fue efectiva para disminuir el porcentaje de grasa^{28,33,34} y casos en los que no lo fue³¹. Como se ha comentado previamente, los diseños experimentales utilizados en estos estudios no permiten esclarecer si es la WB-EMS la causante de esta pérdida de grasa. Además, ninguno de los estudios revisados indica que se controlase la dieta de los participantes. Respecto a la EMS local, los niveles de ATP durante una sesión de entrenamiento de 45 min se mantienen constantes, principalmente por la depleción del glucógeno muscular por vía anaeróbica (primeros 15 min, aproximadamente) y por vía aeróbica (del min 15 al 45, aproximadamente), contribuyendo de forma muy reducida a la producción de ATP los ácidos grasos libres⁴¹. Cuando se ha analizado la influencia de un programa de entrenamiento con EMS local sobre la grasa abdominal no se han observado modificaciones en los pliegues cutáneos valorados mediante técnicas cineantropométricas^{42,43} o mediante ultrasonidos y rayos X⁴⁴, ni en el porcentaje de grasa corporal^{42,45}. En los estudios que han aplicado WB-EMS, en el mejor de los casos el porcentaje de grasa corporal total y abdominal disminuyeron un 6.3 y un 6.8%, respectivamente, tras 14 semanas de entrenamiento³¹, cuando una combinación de ejercicio aeróbico y

dieta durante 8 semanas en mujeres con sobrepeso es capaz de disminuir el porcentaje de grasa corporal un 11% y el tejido adiposo abdominal subcutáneo superficial un 32%⁴⁶. Por lo tanto, no existen evidencias científicas consistentes que indiquen que la WB-EMS disminuya la grasa corporal, y las evidencias que existen respecto a la EMS local demuestran que no la reduce.

El principal autor de los trabajos revisados sobre WB-EMS señala como limitaciones de este medio³²: a) el elevado coste de la tecnología subyacente ($\sim 10\,000 \text{ €}$ el sistema, más $\sim 1000 \text{ €}$ anuales en concepto de mantenimiento de chalecos y electrodos); b) necesidad de un supervisor de manera continua, y c) está contraindicado para personas con epilepsia, marcapasos cardíaco, trastornos circulatorios graves, hernia de abdomen o inguinal, tuberculosis, cáncer, perturbaciones neurológicas graves, enfermedades inflamatorias, tendencia a sangrados, piel irritada, heridas, quemaduras y enfermedades que afecten al metabolismo muscular (p.ej., diabetes). Además de estas limitaciones, bajo nuestro punto de vista existen otras, que describimos a continuación.

En la EMS local la corriente circula a través del músculo que se desea entrenar, colocándose los electrodos sobre él. Sin embargo, los chalecos de WB-EMS tienen los polos positivo y negativo de un mismo cable en diferentes lados de la línea media del cuerpo⁴⁷. Esto implica que la corriente va de la zona pectoral, abdominal, dorsal y lumbar derecha a la respectiva zona izquierda. En el caso de los brazos y de las piernas, el polo positivo está en un brazo y el negativo en el otro, por lo que la corriente va de un brazo y de una pierna al miembro contralateral. Cuando la corriente viaja a través de nuestro organismo se propaga por los tejidos que menos resistencia ofrecen y, teniendo en cuenta que se está estimulando la zona pectoral y dorsal a la vez, se crea un campo eléctrico a través de la caja torácica que podría interferir con la función de órganos vitales como el corazón⁴⁸. Curiosamente, varias empresas tradicionales del ámbito de la fisioterapia indican textualmente en los manuales de sus aparatos «no utilizar los 2 polos de un mismo canal a ambos lados de la línea media del cuerpo»⁴⁹, o «no deben colocarse los electrodos de manera que apliquen corriente a través del tórax, podría causar arritmias cardíacas»⁵⁰. Por lo tanto, se recomienda prudencia a la hora de aplicar este tipo de corrientes hasta que se esclarezcan sus efectos orgánicos.

Respecto a sus efectos sobre el sistema musculoesquelético, se han publicado 2 estudios de caso en los que se diagnosticó rhabdomiólisis tras una sesión de 15-20 min con WB-EMS^{18,19}. En el primero de ellos, un jugador de fútbol de 19 años alcanzó unos valores de concentración plasmática de creatinina (CK) de $240\,000 \text{ U/l}$, y otro jugador de fútbol, de 17 años, alcanzó valores de $30\,170 \text{ U/l}$ ¹⁹. En el segundo estudio se registró una CK de 99 477 en una mujer sedentaria de 32 años¹⁸. La elevación de la CK por encima de 5000 U/l (valores normales $< 370 \text{ U/l}$) está asociada, aunque no necesariamente, al síndrome compartimental, insuficiencia renal aguda, arritmias y paro cardíaco^{51,52}, requiriéndose una hospitalización inmediata del sujeto. En la literatura científica solo hemos encontrado un caso de rhabdomiólisis con EMS local, en el cual un varón de 26 años presentó unos valores de CK de 2917 U/l tras utilizar un aparato de EMS en la musculatura abdominal⁵³. La primera razón por la cual la WB-EMS genera tal daño muscular puede estar relacionada con la aplicación de intensidades de corriente elevadas (umbral del máximo dolor) a músculos que se están elongando, lo que podría causar daños mecánicos en los tejidos. La segunda razón podría estar relacionada con la combinación del patrón de reclutamiento de las unidades motrices (espacialmente constante y temporalmente sincrónico)⁵⁴ y la elevada superficie de los electrodos (2800 cm^2)¹². La WB-EMS también podría generar daño muscular en el caso de que la corriente presentase componente galvánico; es decir, que la onda de corriente no sea perfectamente bifásica y compensada, aunque en teoría en los aparatos de WB-EMS lo es. La última razón podría estar relacionada con la aplicación de

corrientes sin tiempo de reposo. En este sentido, el sobreesfuerzo y los nuevos estímulos de ejercicio se han identificado como 2 de las causas predisponentes a la rhabdomiólisis⁵². La aplicación de corrientes de cuerpo completo sin tiempos de reposo cumple con ambos preceptos. Pese a que no se indica detalladamente cómo entrenaron estas 3 personas^{18,19}, se han descrito en la literatura aplicaciones de corrientes de 85 Hz de manera continua durante 15 min²⁸, algo que se replica hoy en día en determinados centros de entrenamiento con WB-EMS. Además, mediante EMS local se ha demostrado que al aplicar una corriente de 50 Hz durante 15 o 10 s al cuádriceps femoral, la fuerza producida por la musculatura decaía drásticamente pasados 12.5 y 8.2 s, respectivamente^{55,56}. En el caso del bíceps braquial, aplicar una corriente de 50 Hz durante 10 s mantenía los niveles de fuerza al máximo durante 2 s, disminuyendo progresivamente la fuerza durante los siguientes 8 s⁵⁷. De cara a buscar cierta funcionalidad en el estímulo aplicado, tener durante 15 min 8 regiones corporales contraídas de forma simultánea, además de generar una tensión mínima en la musculatura debido a la fatiga, no parece que tenga ninguna transferencia a alguna actividad de la vida diaria o actividad deportiva.

Otras limitaciones de la WB-EMS son: a) la imposibilidad de controlar la intensidad de la EMS; no se puede evaluar la fuerza ejercida por la musculatura ni sería adecuado hablar de umbral del máximo dolor, pues la tolerancia depende del grado de elongación de la musculatura, y puesto que se entrena de forma dinámica, habría que estandarizar la posición de estimulación inicial, y b) es un medio de entrenamiento que puede resultar doloroso, pues la estimulación de nervios periféricos mediante corriente implica dolor, por lo que el cliente debería estar dispuesto a tolerarlo para entrenar.

En base a la revisión y al análisis realizados en el presente estudio, las conclusiones y recomendaciones que NSCA-Spain hace sobre la WB-EMS son:

1. Es un medio de entrenamiento sobre el que se han realizado muy pocas investigaciones. Estas parecen indicar que es un medio poco eficaz para la mejora de la fuerza máxima. El entrenamiento tradicional como primera opción, o la EMS local como segunda opción, son más eficaces para este propósito.
2. No hay evidencias suficientemente rigurosas que indiquen que disminuya la grasa corporal.
3. Se trata de un medio de entrenamiento muy reciente cuyos efectos colaterales sobre la salud se desconocen.
4. La relación entre riesgo asumido y beneficio aportado hace que sean más recomendables otros medios de entrenamiento para la mejora de la fuerza muscular y para la modificación de la composición corporal.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Bax L, Staes F, Verhagen A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med*. 2005;35:191–212.
2. Dehail P, Duclos C, Barat M. Electrical stimulation and muscle strengthening. *Ann Readapt Med Phys*. 2008;51:441–51.
3. Filipovic A, Kleinoder H, Dormann U, Mester J. Electromyostimulation: A systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. *J Strength Cond Res*. 2012;26:2600–14.
4. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110:223–34.
5. Hortobagyi T, Maffiuletti NA. Neural adaptations to electrical stimulation strength training. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111:2439–49.
6. Vanderthommen M, Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exerc Sport Sci Rev*. 2007;35:180–5.
7. Imoto AM, Peccin S, Almeida GJM, Saconato H, Atallah AN. Effectiveness of electrical stimulation on rehabilitation after ligament and meniscal injuries: A systematic review. *Sao Paulo Med J*. 2011;129:414–23.
8. Kim KM, Croy T, Hertel J, Saliba S. Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function, and patient-oriented outcomes: A systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40:383–91.
9. Kittelson AJ, Stackhouse SK, Stevens-Lapsley JE. Neuromuscular electrical stimulation after total joint arthroplasty: A critical review of recent controlled studies. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2013;49:909–20.
10. Maddocks M, Gao W, Higginson JJ, Wilcock A. Neuromuscular electrical stimulation for muscle weakness in adults with advanced disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;1:CD009419.
11. Maffiuletti NA, Roig M, Karatzanos E, Nanas S. Neuromuscular electrical stimulation for preventing skeletal-muscle weakness and wasting in critically ill patients: A systematic review. *BMC Med*. 2013;11:137.
12. Stengel S, Bebenek M, Engelke K, Kemmler W. Whole-body electromyostimulation to fight osteopenia in elderly females: The randomized controlled Training and Electrostimulation Trial (TEST-III). *J Osteoporos*. 2015;2015:643520.
13. Efit Spain [sede Web] [consultado 24 Feb 2015]. Disponible en: <http://www.efitpain.es>
14. MihaBodytec [sede Web] [consultado 24 Feb 2015]. Disponible en: <http://mihabodytec.org/index.html>
15. X-Body [sede Web] [consultado 24 Feb 2015]. Disponible en: <http://www.xbodyworld.com/esp/>
16. Kemmler W, von Stengel S, Mayhew J. Effects of whole-body-electromyostimulation on resting metabolic rate, anthropometric and neuromuscular parameters in the elderly. *J Strength Cond Res*. 2010;24:1880–7.
17. Schenk S, Fritzsche D, Buuren F. Electro-myostimulation of skeletal muscles improves physical capacity of patients with chronic congestive heart failure. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;59 Suppl 01:V218.
18. Finsterer J, Stollberger C. Severe rhabdomyolysis after MIHA-bodytec® electrostimulation with previous mild hyper-CK-emia and noncompaction. *Int J Cardiol*. 2015;180:100–2.
19. Kastner A, Braun M, Meyer T. Two cases of rhabdomyolysis after training with electromyostimulation by 2 young male professional soccer players. *Clin J Sport Med*. 2014. <http://dx.doi.org/10.1097/JSM.0000000000000153> [Epub ahead of print].
20. Filipovic A, Kleinoder H, Dormann U, Mester J. Electromyostimulation: A systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *J Strength Cond Res*. 2011;25:3218–38.
21. Boeckh-Behrens WU, Bengel M. Krafttraining durch elektromyostimulation? Empirische untersuchung zu den krafteffekten bei einem elektromyostimulationstraining am BodyTransformer mit variation der belastungsdichte [monografía en Internet]. 2005 [consultado 23 Feb 2015]. Disponible en: <http://www.reizstrom-training.de/pdf/studie/Siebente-wissenschaftliche-Studie-mit-dem-BT.pdf>
22. Boeckh-Behrens WU, Mainka D. Krafttraining durch elektromyostimulation? Empirische untersuchung zu den krafteffekten bei einem elektromyostimulationstraining am BodyTransformer mit variation der trainingsdauer [monografía en Internet]. 2006 [consultado 23 Feb 2015]. Disponible en: <http://www.reizstrom-training.de/pdf/studie/Neunte-wissenschaftliche-Studie-mit-dem-BT.pdf>
23. Boeckh-Behrens WU, Treu S. Vergleich der trainingseffekte von konventionellem krafttraining, maxxF und EMS-Training in den bereichen Körperzusammensetzung, Körperperforung, Kraftentwicklung, Psyche und Befinden [monografía en Internet]. 2002 [consultado 23 Feb 2015]. Disponible en: <http://www.reizstrom-training.de/pdf/studie/Dritte-wissenschaftliche-Studie-mit-dem-BT.pdf>
24. Boeckh-Behrens WU, Niewöhner F, Walz T. Ermittlung der trainingseffekte eines kombination trainings von konventionellem krafttraining und elektromyostimulationstraining. *Universitat Bayreuth*; 2003.
25. Kreuzer S, Kleinöder H, Mester J. Effects of whole body electro stimulation training and traditional strength training on various strength and blood parameter in juvenile elite water polo players. Paper presented at: 11th annual Congress of the European College of Sport Science. Lausanne, Switzerland: ECSS; 2006.
26. Speicher U, Kleinöder H. Effektivitätsprüfung klassischer und moderner krafttrainingsverfahren: differentielle kraftdiagnostik und moderne trainingsregulation. *Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln*. 2009;14:20–2.
27. Kemmler W, von Stengel S, Schwarz J, Mayhew JL. Effect of whole-body electromyostimulation on energy expenditure during exercise. *J Strength Cond Res*. 2012;26:240–5.
28. Kemmler W, Birlauf A, von Stengel S. Effects of whole-body-electromyostimulation on body composition and cardiac risk factors in elderly men with the metabolic syndrome. The TEST-II Study. *Dtsch Z Sportmed*. 2010; 61:117–23.
29. Kemmler W, Engelke K, von Stengel S. Effects of whole-body-electromyostimulation on sarcopenia in lean, elderly sedentary women. The TEST-III Study. *Dtsch Z Sportmed*. 2012;63:343.
30. Kemmler W, Bebenek M, von Stengel S. Effects of whole-body-electromyostimulation on bone mineral density in lean, sedentary elderly women with osteopenia. The randomized controlled TEST-III Study. *Osteologie*. 2013;22:121–8.

31. Kemmler W, Bebenek M, Engelke K, von Stengel S. Impact of whole-body electromyostimulation on body composition in elderly women at risk for sarcopenia: The Training and ElectroStimulation Trial (TEST-III). *Age (Dordr)*. 2014;36:395–406.
32. Kemmler W, von Stengel S. Alternative exercise technologies to fight against sarcopenia at old age: A series of studies and review. *J Aging Res*. 2012;2012:109013.
33. Kemmler W, von Stengel S. Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: Subanalysis of the TEST-III trial. *Clin Interv Aging*. 2013;8:1353–64.
34. Kemmler W, Schliiffka R, Mayhew JL, von Stengel S. Effects of whole-body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: The Training and ElectroStimulation Trial. *J Strength Cond Res*. 2010;24:1880–7.
35. Wallerstein LF, Barroso R, Tricoli V, Mello MT, Ugrinowitsch C. The influence of familiarization sessions on the stability of ramp and ballistic isometric torque in older adults. *J Aging Phys Act*. 2010;18:390–400.
36. Basas A. Técnicas fisioterápicas aplicadas en el tratamiento de la patología de la rodilla: Electroestimulación neuromuscular. En: Basas A, Fernández-Peñas C, Martín-Urriale JA, editores. *Tratamiento fisioterápico de la rodilla*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana; 2003. p. 64–5.
37. Ward AR, Robertson VJ, Ioannou H. The effect of duty cycle and frequency on muscle torque production using kilohertz frequency range alternating current. *Med Engin Physics*. 2004;26:569–79.
38. Liebano RE, Waszczuk S, Correa JB. The effect of burst-duty-cycle parameters of medium-frequency alternating current on maximum electrically induced torque of the quadriceps femoris, discomfort, and tolerated current amplitude in professional soccer players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43:920–6.
39. Gregory CM, Dixon W, Bickel CS. Impact of varying pulse frequency and duration on muscle torque production and fatigue. *Muscle Nerve*. 2007;35:504–9.
40. Gobbo M, Maffiuletti NA, Orizio C, Minetto MA. Muscle motor point identification is essential for optimizing neuromuscular electrical stimulation use. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11:17.
41. Hultman E, Spriet LL. Skeletal-muscle metabolism, contraction force and glycogen utilization during prolonged electrical-stimulation in humans. *J Physiol*. 1986;374:493–501.
42. Porcari JP, McLean KP, Foster C, Kernozek T, Crenshaw B, Swenson C. Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength, and physical appearance. *J Strength Cond Res*. 2002;16:165–72.
43. Porcari JP, Miller J, Cornwell K, Foster C, Gibson M, McLean K, et al. The effects of neuromuscular electrical stimulation training on abdominal strength, endurance, and selected anthropometric measures. *J Sports Sci Med*. 2005;4:66–75.
44. Keller BA, Katch FI. Transcutaneous electrical muscle stimulation does not alter regional arm adiposity and muscularity. *Am J Hum Biol*. 1998;10:317–26.
45. Anderson AG, Murphy MH, Murtagh E, Nevill A. An 8-week randomized controlled trial on the effects of brisk walking, and brisk walking with abdominal electrical muscle stimulation on anthropometric, body composition, and self-perception measures in sedentary adult women. *Psychol Sport Exerc*. 2006;7:437–51.
46. Fisher G, Hunter GR, Hyatt TC, Oster RA, Desmond RA, Gower BA. Effect of diet with and without exercise training on inflammation and fat distribution in overweight women. *J Gen Intern Med*. 2012;27:674–84.
47. miha_bodytech.GmbH. Miha Bodytec User Manual. Augsburg (Alemania); 2011:9.
48. Reed B. The physiology of neuromuscular electrical stimulation. *Pediatr Phys Ther*. 1997;9:96–102.
49. Compex_Medical. Manual de utilización Compex 3. Ecublens (Suiza): Compex Medical SA; 2007:9.
50. Enraf-Nonius. Serie 6. Manual de uso; 2014 [consultado 5 Mar 2015]. Disponible en: <http://www.enraf-nonus.com/docman-downloads/cat.view/24-01-operating-manuals?limit=100&order=name&dir=DESC&start=115>
51. Khan FY. Rhabdomyolysis: A review of the literature. *Neth J Med*. 2009;67:272–83.
52. Ramos DA, Dorgo S. Rhabdomyolysis: Considerations for recognition and prevention for practitioners. *Strength Cond J*. 2014;36:56–61.
53. Guarascio P, Lusi EA, Soccorsi F. Electronic muscular stimulators: A novel unsuspected cause of rhabdomyolysis. *Br J Sports Med*. 2004;38:505.
54. Bickel CS, Gregory CM, Dean JC. Motor unit recruitment during neuromuscular electrical stimulation: A critical appraisal. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111:2399–407.
55. Selkowitz DM. Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical-stimulation. *Phys Ther*. 1985;65:186–96.
56. Ward AR, Shkuratova N. Russian electrical stimulation: The early experiments. *Phys Ther*. 2002;82:1019–30.
57. Rich C, Cafarelli E. Submaximal motor unit firing rates after 8 wk of isometric resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:190–6.



Review article

Effect of aquatic exercise training on lipids profile and glycaemia: A systematic review



R. Delevatti*, E. Marson, L. Fernando Kruel

Exercise Research Laboratory, Physical Education School, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 January 2014

Accepted 29 August 2014

Keywords:

Aquatic exercise

Glucose metabolism

Lipid metabolism

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the acute and chronic effects of aquatic exercise training on glycaemia and lipids profile. A systematic review of clinical trials was performed assessing the effects of aquatic exercise and/or training in upright position on lipids profile and glycaemic index. Two raters independently assessed the eligibility criteria and the methodological quality of the studies using the PEDro scale. Average and standard deviation of all variables significantly altered by the interventions were extracted for calculating percentage alterations. Three studies involving the acute effect of aquatic aerobic exercise on the variables of interest were analysed, with two of them demonstrating the efficacy of this type of training in improving lipids profile. Nine studies involving the chronic effects of aquatic training on the same variables were also analysed; eight of them, which assessed different training interventions for different populations, reported benefits of exercise regarding these variables. In conclusion, the improvements found in response to aquatic exercise training in upright position in glycaemia and lipids profile indicate the aquatic environment as a favourable environment for conducting exercise programmes.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efecto del entrenamiento acuático en el perfil lipídico y la glicemia: una revisión sistemática

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue investigar los efectos agudos y crónicos del entrenamiento acuático en el perfil lipídico y la glucemia. Se llevó a cabo una revisión sistemática valorando los efectos del ejercicio acuático y/o el entrenamiento en posición erecta sobre índices lipídicos y glucémicos. Dos investigadores valoraron independientemente los criterios de selección y la calidad metodológica de los estudios mediante la escala PEDro. La media y la desviación estándar de todas las variables que se alteraron significativamente por las intervenciones fueron extraídas para calcular el porcentaje de alteración. Se analizaron tres estudios relativos al efecto agudo del ejercicio aeróbico acuático en las variables de interés, dos de ellos demostraron la eficacia de este tipo de entrenamiento sobre el perfil lipídico. Se analizaron también nueve estudios relativos al efecto crónico del entrenamiento acuático sobre las mismas variables, ocho de ellos que valoraron diferentes intervenciones en el entrenamiento con distintas poblaciones, encontraron beneficios del ejercicio en relación a estas variables. En conclusión, las mejoras

Palabras clave:

Ejercicio acuático

Metabolismo de glucosa

Metabolismo de lípidos

* Corresponding author.

E-mail address: rsdrodrigo@hotmail.com (R. Delevatti).

encontradas en respuesta al ejercicio acuático en posición erecta, sobre el perfil lipídico y la glucemia, indican que el medio acuático es un entorno favorable para llevar a cabo programas de ejercicio.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efeito do treinamento físico aquático no perfil lipídico e da glicemia: uma revisão sistemática

R E S U M O

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos agudos e crônicos do treinamento físico aquático sobre a glicemia e o perfil lipídico. Uma revisão sistemática de ensaios clínicos foi realizada avaliando os efeitos do exercício e/ou treinamento aquático em posição vertical sobre os lipídios do perfil e índice glicêmico. Dois examinadores avaliaram independentemente os critérios de elegibilidade e a qualidade metodológica dos estudos utilizando a escala PEDro. Média e desvio padrão de todas as variáveis significativamente alterados pelas intervenções foram extraídos para calcular alterações percentuais. Foram analisados três estudos envolvendo o efeito agudo do exercício aeróbico aquático sobre as variáveis de interesse, com duas delas demonstrando a eficácia desse tipo de treinamento em melhorar o perfil lipídico. Nove estudos envolvendo os efeitos crônicos do treinamento aquático nas mesmas variáveis também foram analisadas; oito deles, que avaliou diferentes intervenções de treinamento para diferentes populações, relatou benefícios do exercício referentes a essas variáveis. Em conclusão, as melhorias encontradas em resposta ao treinamento de exercício aquático na posição vertical na glicemia e o perfil lipídico indicam o ambiente aquático como um ambiente favorável para a realização de programas de exercícios.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Palavras-chave:

Exercícios aquáticos
Metabolismo da glicose
Metabolismo lipídico

Introduction

Exercise training is widely prescribed as a means of reducing metabolic complications and improving cardiorespiratory capacity, muscle strength and functional capacity; in general, a combination of strength and aerobic exercise is recommended. However, overweight and obese individuals – and, consequently, individuals with a high metabolic risk – can experience difficulties to execute traditional exercises on dry land due to the necessity of supporting their own body mass. Therefore, exercise modes in which there is no necessity of supporting one's body mass represent an interesting alternative for these populations and have been reported in the literature.¹ In this regard, aquatic exercise training is being increasingly recommended for such individuals, since it contributes to the improvement of different aspects of fitness, including aerobic capacity, strength, flexibility and body composition.²

Besides swimming, for which specific and refined motor skills are required, the aquatic environment has been used for several different exercise types executed in an upright position, such as water aerobics, deep water running, water cycling, shallow water walking or aquatic treadmill walking. One advantage of these exercise types over those executed on dry land is the reduction of ground reaction forces, and, consequently, of the load imposed to the musculoskeletal system.³ This facilitates the application and progression of different exercise training models on populations such as the elderly, pregnant women and patients with muscle diseases, osteoarthritis or other degenerative disorders. As a consequence, aquatic exercise is gaining more and more popularity in the fitness field, with its benefits already reported in the literature.⁴

In the past decades, aquatic exercise training executed in an upright position was recognized as an important physical activity mode used in prevention of disease, being considered as an alternative for reaching fitness, therapeutic and rehabilitation aims. The effect of this type of exercise training on health parameters has been subject of research involving different populations,⁵ and primarily by the lower risk of joint injuries, this has been considered ideal

for populations, as obese patients, the elderly, and patients with arthritis.¹

Given the spread of aquatic exercise as a form of regular physical activity, there is an increasing interest in better understanding the functioning of the human organism during immersion in water. For adequately prescribing aquatic exercise training, the physical properties of water have to be considered, since they differ considerably from those of air, which is reflected in the differences in physiological responses to exposure to these environments. The main physical properties related to the physiological alterations during immersion in water are the increased heat exchange between the organism and the environment; the buoyancy, which operates against the force of gravity; and the hydrostatic pressure that affects cardiovascular parameters during rest and exercise.⁶ One important point to be considered is that the magnitude of the physiological alterations in response to immersion in water depends on the depth of immersion.

The most studied physiological alterations during aquatic exercise are those affecting the cardiovascular system. A possible cause for this is the direct influence of the physical properties of water, specially the hydrostatic pressure, on the circulatory system. Immersion in water induces a hydrostatic pressure gradient that affects all vascular columns of the organism, exerting pressure in the whole immersed body surface. This increases the venous return, augmenting the blood volume in the heart and intrathoracic vasculature.⁷ The increased blood flow from the lower limbs to the central regions, which can reach 700 ml/min⁻¹, leads to augmented pressures in the thorax, central veins, lungs and right atrium.⁸ This blood flow shift also increases the final diastolic volume and, consequently, the systolic volume. Although a decrease in heart rate occurs, which can be understood as a compensatory mechanism, an increase in cardiac output is also apparent. A considerable extent of this increase (32–62%) in cardiac output is explained by the dominance of the augmented systolic volume over the decreased heart rate. At the same time, mean arterial blood pressure remains stable, indicating a reduction in total peripheral resistance. Concerning the systemic oxygen consumption, it remains unaltered

in thermoneutral temperatures. In contrast to what occurs on dry land, however, it is not regulated by the metabolic demands of peripheral tissues, since blood flow regulation is affected by water immersion. As a result, oxygen delivery to tissues rises and frequently exceeds tissue demands.⁸

Haemodynamic variables are not the only parameters affected by the mentioned blood flow redistribution and the resultant central hypervolemia. Indeed, the augmented atrial pressure stimulates low-pressure cardiopulmonary receptors, inhibiting the sympathetic nervous activity, which, in turn, controls systemic circulation and kidney function. Consequently, plasma renin activity (PRA) and plasma adrenocorticotrophic hormone (ACTH) activity are suppressed, since their release is mainly controlled by sympathetic nervous activity.⁹ Furthermore, the activation of heart mechanoreceptors resulting from water immersion also causes neural and hormonal adjustments.¹⁰ These adjustments include the diminished release of vasopressin and aldosterone, an inhibition of the sympathetic nervous activity in the kidneys, and increased release of prostaglandin in the kidneys and atrial natriuretic peptide, causing diuresis, natriuresis and kaliuresis. It is important to bear in mind, however, that these parameters are also affected by salt intake, hydration status and physical activity.¹⁰

Physiological alterations such as the renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS) suppression are of high clinical relevance, since the activation of this system is associated with the development of chronic diseases including obesity and type-2 diabetes mellitus (DM-2), being decisive for the occurrence of cardiovascular disease. Thus, suppressing RAAS activity can contribute to the prevention of diseases such as DM-2 through enhanced insulin release and sensitivity.¹¹ The effects of insulin can be down-regulated by angiotensin II, since this hormone is able to stimulate phosphorylation of tyrosine in the insulin receptors (IRS-1 and IRS-2), as well as their associations with PI-3 kinase, inhibiting this enzyme.¹² This phenomenon can be prevented by the use of angiotensin II receptor (AT1) blockers.¹³

Due to the negative effect of angiotensin II on insulin signalling, the RAAS is suggested to contribute to insulin resistance and development of DM-2.¹⁴ Importantly, insulin resistance in skeletal muscle, which often affects sedentary individuals, can also lead to disturbances in lipids profile and metabolism.¹⁵ Since the RAAS regulates vascular tone, angiotensin II release can lead to reductions in skeletal-muscle blood flow, impairing glucose consumption by muscle. Accordingly, Mitsuishi et al.¹⁶ demonstrated that blocking the RAAS can partially revert decreases in mitochondrial content, improving fatty acid oxidation, intramuscular content of triacylglycerol and glucose tolerance. Furthermore, there is evidence that angiotensin II release inversely correlates to expression and activity of lipoprotein lipase in adipose tissue.¹⁷ In a recent review, Goossens¹¹ cited a decrease in adipose-tissue lipolysis after exposure of this tissue to angiotensin II.

The presented associations reflect the role played by the alterations caused by water immersion, and especially by the inhibition of RAAS, in different biochemical outcomes. Analysis of blood parameters is used for assessing health status and diagnosing disease or pre-disease conditions. These parameters are frequently used to assess health disturbances in middle-aged and elderly individuals. Examples of such measures are glycaemic, lipids and lipoprotein levels; these variables are also frequently investigated in exercise science, since exercise can improve them. Nevertheless, studies showing the response of these biochemical variables to different aquatic exercise training models are still scarce. This field of study is particularly interesting due to the physiological alterations associated to water immersion and the increasing engagement of overweight, obesity and elderly individuals, as well as of individuals affected by endocrine-metabolic diseases, in aquatic exercise training programmes. Accordingly, this review addresses the responses

of glycaemia and lipids profile to the physiological alterations caused by water immersion. In addition, the acute and chronic effects of aquatic exercise training on these responses are discussed.

Method

Study design

This study is a systematic review in which relevant clinical trials were identified, selected and evaluated, providing practical and theoretical support to the classification and analysis of the literature review. The methods used for the systematic review follow below.

Literature search

In January 2013, computer searches for articles were performed in Scopus (www.scopus.com) and PubMed (www.pubmed.gov) databases, while master and doctoral theses were performed in LUME (on-line database of the Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, containing master and doctoral theses). Publication year was unlimited and the following key words were used: “physical activity”, “exercise”, “training”, “aquatic”, “water-based”, “hydrotherapy”, “hydrogymnastics”, “deep water running”, “deep water walking” and “head-out aquatic”, brought them together by means of the boolean operator “OR”. Besides this, references provided in the documents identified by these searches were screened with the purpose of finding additional studies.

Due to the higher availability and ease for searching and reading, only documents written in English, Portuguese and Spanish were used in this study.

Inclusion criteria

Criteria for inclusion of studies in the present review were as follows:

- (1) Intervention studies (acute and chronic treatment).
- (2) Use of aquatic exercises and/or aquatic exercise training executed in an upright position (with the head out of the water).
- (3) Use of human subjects.
- (4) Assessment of lipids or glycaemic profile variables.

Regarding the exercise and training aims, protocols aiming at strength, aerobic or combined (strength and aerobic) improvements were included in the review, without restriction of training frequency and intensity, as well as duration of training sessions.

PEDro scale

The PEDro (Physiotherapy Evidence Database) scale¹⁸ was used for rating the documents included in the analysis. This scale was developed by the Centre for Evidence-Based Physiotherapy with the purpose of objectively evaluating the internal validity of studies. Each document was assessed through several criteria previously established, that overall, aim to evaluate four fundamental methodological aspects of a study such as the random process, the blinding technique, group comparison, and the data analysis process, being attributed a maximal value of 10 points. These 10 points were distributed among the seven criteria scale of possible control in intervention studies with physical training. Thus, studies were considered of excellent quality those who completed at least six criteria (8.57 points), not being associated with excellence the criterion on intention-to-treat analysis, which although very important clinically, it is still very

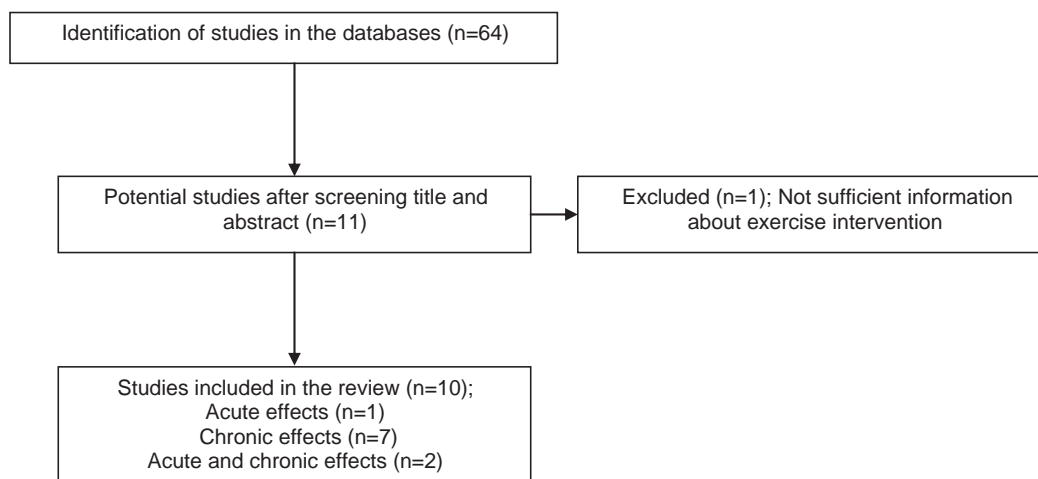


Figure 1. Acute effects of aquatic exercise training on glycaemia and lipids profile.

unusual in studies aiming to analyse responses to physical training. Two raters evaluated the documents independently using the scale; in case of differences between the values attributed by them, the evaluation was discussed until a consensus was reached.

Results

From the 64 articles identified, 53 were excluded after analysis of titles and abstracts. Were included 11 articles as potential studies, a study being excluded for not having sufficient information about exercise intervention. Therefore, 10 studies were included in this review. The process of identification and selection of studies is shown in Fig. 1.

Acute effects of aquatic exercise training on glycaemia and lipids profile

The average (\pm standard deviation) score of the analysed articles on the PEDro scale was 8.10 ± 0.83 points; only three studies were found and no study reached the highest score. The selected studies presented the specified eligibility criteria and the random distribution of treatments, but since they involved physical training, the scale criteria 3, 5 and 6, related to blinded interventions, were not considered, as it would not be possible to blind subjects and/or researchers in such interventions. By exclusion these three criteria of scale, the 10 points considered for assessment of methodological quality are the result of a redistribution of the total score of the seven criteria PEDro scale (2, 4, 7, 8, 9, 10 and 11), being assigned 1.42 for each criterion.

Table 1 shows the acute effects of aquatic training on lipids profile and glycaemia found in the three studies analysed, together with a summary of the development of the studies, including intervention duration, type, volume and intensity of training sessions, sample, main outcomes, percentage of improvement and score in the PEDro scale.

The three analysed studies^{19–21} involved aerobic aquatic exercise, and the interventions were effective in improving lipids profile in two^{20,21} of them. This effect was independent on the training status of the participants.

Although all training sessions of these studies were focused on aerobic exercise, they were executed through different manners (underwater cycle ergometer,¹⁹ underwater treadmill²⁰ and water aerobics,²¹ emphasizing the different types of exercise that can be used for aerobic training in the aquatic environment.

In spite of the benefits in lipids profile described by two these studies,^{20,21} methodological differences between them, such as population and characteristics of exercise session impairs the formulation of definitive conclusions and practical applications regarding this subject.

Chronic effects of aquatic exercise training on glycaemia and lipids profile

The number of studies evaluating chronic outcomes ($n=9$) was slightly higher than for the acute effects studies. Average (\pm standard deviation) score obtained by these studies in the PEDro scale was 8.58 ± 1.65 points, with three^{22–24} studies obtaining the maximal score. Only one study²² did not specify its eligibility criteria. Concerning random distribution of interventions, only one study²³ did not meet this criterion; nevertheless, this was not due to low methodological quality, but to the study design, since the authors analysed the effect of one aquatic exercise training protocol on two different populations. In this case, the score was redistributed within the other scale criteria. As in the studies about acute effects, scale criteria 3, 5 and 6 were not considered for the same reason.

Table 2 shows the chronic effects of aquatic exercise training on lipids profile and glycaemia in the nine studies analysed, as well as research development, intervention duration, type, volume and intensity of the training protocol, environment, sample, main results, percentage of improvement and score in the PEDro scale.

From the nine reviewed studies, three analysed aerobic exercise,^{20–22} five analysed combined training (resistance and aerobic),^{23–27} and only one analysed isolated resistance training.²⁸

Among the studies involving aerobic exercise, two presented interventions using water aerobics and one used walking and/or running on an underwater treadmill as exercise type. All studies demonstrated significant improvements in at least one of the lipids profile parameters, while only two studies measured glycaemia through glycated haemoglobin (HbA1c)^{22,27} values, finding significant effects of exercise on this variable.

The majority of the studies investigating the chronic effects of aquatic exercise training used a combination of aerobic and strength training.^{23–27} Of these studies, four^{24–27} used water aerobics as exercise type, with three^{24–26} of them showing positive results of exercise in lipids and lipoprotein profiles. Only one²⁷ of these studies evaluated HbA1c values, with authors reporting decreases in these values and, therefore, efficacy of the intervention

Table 1
Acute effects of aquatic exercise training.

Study	Period	Method/intensity and volume	Population source	Results	PEDro scale
Birmingham et al. (2004)	Single session	AERO – LAND GROUP (arm ergometer) vs WATER GROUP (arm ergometer): 15 min between 65% and 75% of HR _{max} , interval method DI: non available WT: 28 °C	Elderly men with ischaemic heart disease	LAND GROUP: ↑ 11% – HDL; WATER GROUP: no significant changes	8.58
Costa et al. (2011)	Single session	AERO (water aerobics): 30 min (interval method) with blocks in RPE: 15 with intervals in RPE: 11 DI: between xiphoid process and shoulders WT: between 29 and 31 °C	Dyslipidemic premenopausal women trained vs untrained	Untrained: ↓ 1.47% – TC; ↓ 2.85% – LDL; ↓ 2.54% – VLDL; ↓ 2.54% – TG; ↑ 3.45% – HDL; ↓ 5.15% – TC/HDL ratio Trained: ↓ 2.1% – TC; ↓ 2.79% – LDL; ↓ 6.71% – VLDL; ↓ 6.71% – TG; ↑ 2.98% – HDL; ↓ 5.15% – TC/HDL ratio	7.15
Greene et al. (2012)	Single session	AERO – LAND GROUP (treadmill) vs WATER GROUP (underwater treadmill): 400 kcal 70% VO _{2max} DI: non available WT: non available	Both sexes with overweight and/or obesity untrained vs trained	Untrained men: ↓ 4.44% – TC/HDL ratio Trained men: ↓ 3.80% – TC/HDL ratio	8.58

↓: decrease; ↑: increase; HR_{max}: maximum heart rate; VO_{2max}: maximum oxygen consumption; RPE: rate of perceived exertion; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; LDL: low density lipoprotein cholesterol; HDL: high density lipoprotein cholesterol; DI: depth immersion; WT: water temperature.

in improving glycaemic control in DM-2 patients. Additionally, the study using deep-water running²³ as exercise type for healthy individuals and individuals presenting glucose intolerance also found diminished postprandial glycaemic values in the patients with glucose intolerance after the training intervention.

Only one study used strength training without combination with aerobic training.²⁸ In this study, no significant alterations in lipids profile and glycaemia were found in response to aquatic exercise training.

Discussion

Based on the analysed studies, it is possible to identify three different modes of manipulating aquatic exercise training: aerobic training, strength training and a combination of aerobic and strength training. Protocols involving these training modes can be designed for different exercise types, including walking and/or running on underwater treadmill or deep water, underwater cycling and water aerobics, all executed in an upright position. In all protocols, subjects were exposed to the physical properties of water and, consequently, to the physiological alterations resulting from immersion in water which were already described in the present review. Overall, the lipid and glucose changes found in studies with aquatic exercise training are similar or superior to those found in studies with land exercise training.

The study designs, samples and manipulation of training variables, specially intensity and volume, together with considerations about the results reported and the remaining uncertainties in this field of study are addressed in the following topics.

Studies involving aerobic exercise/training

Two different designs were identified in studies regarding aerobic training, comparisons between exercise on dry land and in water; and comparisons between a training group and a control group. The populations examined were elderly men with history of heart ischaemic disease, dyslipidemic premenopausal women,

overweight and obese subjects and patients diagnosed with DM-2; thus, responses to exercise and water immersion could be reviewed only for these populations. In the three^{20–22} studies examining the effects of chronic exercise training, interventions had duration of 12 weeks; it was not possible to find studies with longer periods of intervention. While in one study²¹ participants exercised twice a week during the intervention period, in the others studies individuals underwent three exercise sessions per week. In one study,¹⁹ the duration of the exercise sessions was 15 min, considerably lower for aerobic exercise aiming at improvements in lipids metabolism, which is between 30 and 60 min. The minimal duration recommended (30 min) was reached by the other two studies^{21,22}; only one study²⁰ controlled exercise duration through energy expenditure instead of time in minutes. Three different manners of controlling intensity could be identified in the studies: rate of perceived exertion (RPE), percentage of the maximal heart rate, and velocity corresponding to a given percentage of maximal oxygen consumption (VO_{2max}). Considering the three studies^{20–22} with a 12-week intervention, two^{20,21} presented intensity progression throughout the training period, one²⁰ with intensities varying between 60% and 85% of VO_{2max} and the other²¹ with RPE values varying between 11 and 15 points using the Borg Scale (minimum of 6 and maximum of 20 points).

No studies evaluating glycaemic measures were found. However, improvements in lipids profile were found both acutely and chronically, with exception of the study by Birmingham et al.,¹⁹ in which the lack of improvements most likely results from the intensities and short duration of the training sessions. Nuttamonwarakul et al.²² controlled glycaemic values by measuring HbA1c and, despite the lack of intensity progression during the training period, considerable improvements in this parameter were found, exceeding the improvements found by previous studies involving on-land exercise in individuals with DM-2.^{29,30}

Future studies could examine the effects of longer interventions, higher training volumes and intensity control according to the anaerobic threshold or its markers, since this parameter is considered excellent for controlling intensity during aerobic exercise

Table 2
Chronic effects of aquatic exercise training.

Study	Period	Method/intensity and volume	Population source	Results	PEDro scale
Costa et al. (2011)	12 weeks	2 x/wk, AERO (water aerobics): 30 min (interval method) with blocks between RPE: 13 and 15 with intervals between RPE: 9 and 11 DI: between xiphoid process and shoulders WT: between 29 and 31 °C	Dyslipidemic premenopausal women	↓9.4% – TC; ↓16.4% – LDL; ↑10% – HDL; ↓17% – CT/HDL ratio.	7.15
Greene et al. (2012)	12 weeks	AERO – LAND GROUP (treadmill) vs WATER GROUP (underwater treadmill): Progression – VOLUME: 250–500 kcal; INTENSITY: 60–85% VO _{2max} DI: non available WT: non available	Both sexes with overweight and/or obesity	Men: ↓8.16% – HDL; Men and women ↓11.11% – HDL _{2b}	8.58
Nuttamonwarakul et al. (2012)	12 weeks	3 x/wk, AERO (water aerobics): 30 min, 70% HR _{max} DI: non available WT: between 34 and 36 °C	Elderly patients with T2DM of both sexes	↓14.28% – HbA1c; ↓4.07% TC; ↓10.38% TG	10
Takehima et al. (2002)	12 weeks	3 x/wk, COMBINED (water aerobics), AERO: 30 min, HR corresponding to LT, STRENGHT: 10 min, 1 sets of 10/15 rep. at max vel. and water-resistance products DI: xiphoid process WT: 30 °C	Elderly women	↓11% – TC; ↓17% – LDL	10
Tormen (2007)	20 weeks	2 x/wk, COMBINED (water aerobics), STRENGHT – progression: 9–28 min, two sets of 30 s to 2 × 3 sets of 10 s at max vel. AERO – progression: 21–3 min between 70% and 80% HR _{max} DI: between xiphoid process and shoulders WT: between 31 and 32 °C	Premenopausal women	↓19% – TC; ↓10% – HDL; ↓23.5% – LDL; ↓21.5% – TG; ↓11.5% – LDL/HDL ratio; ↓15.5% – CT/HDL ratio	5.72
Volaklis et al. (2007)	16 weeks	COMBINED GROUP (land): AERO, 2 x/wk, 30–40 min between 50% and 80% HR _{max} STRENGHT: 2–3 sets of 12/15 rep. at 60% 1RM, vs COMBINED GROUP (water): AERO, 2 x/wk, 30–40 min between 50% and 70% HR _{max} . STRENGHT: 2–3 sets of between 60% and 80% of RMn, with water-resistance products DP: 1.20 m WT: non available	Middle-aged male patients with CAD	COMBINED GROUP (land): ↓4.4% – TC; ↓10.2% – TG; COMBINED GROUP (water): ↓3.3% – TC; ↓11.8% – TG	8.58
Asa et al. (2012)	8 weeks	3 x/wk, 45 min. COMBINED, AERO: Between 55 and 75%HRR, STRENGHT: Between 40 and 60% HRR DP: Just below neck level WT: Between 33 and 34 °C	Patients of both sexes with the combination of CHF and T2DM	↓8.86% – HbA1c	8.58
Jones et al. (2009)	12 weeks	3 x/wk, Circuit COMBINED – AERO (deep water running): blocks of 3 min between 70% and 75% HR _{max} or RPE: 11–14, interspersed with 1 set of 60–90 s in 1 STRENGHT exercise DP: just below neck level (flotation belt) WT: 29 °C	Middle-aged women with overweight, divided into glucose tolerance (NGT) or impaired glucose tolerance (IGT)	IGT: ↓30.4% – postprandial glucose	10
Colado et al. (2009)	24 weeks	STRENGHT GROUP (water): 2–3x/wk, 1 set to 2 supersets of 20 rep. at RPE: 5–7 OMNI scale vs STRENGHT GROUP (land): training with elastic bands, volume and intensity similar to the group (water) DI: non available WT: non available	Postmenopausal women	STRENGHT GROUP (water): no biochemical changes STRENGHT GROUP (land): ↑11.2% – HDL; ↓11.2% – TC/HDL ratio	7.15

↓: decrease; ↑: increase; HR_{max}: maximum heart rate; VO_{2max}: maximum oxygen consumption; AERO: aerobic; RPE: rate of perceived exertion; TC: total cholesterol; TG: triglycerides; LDL: low density lipoprotein cholesterol; HDL: high density lipoprotein cholesterol; DI: depth immersion; WT: water temperature; HbA1c: glycated haemoglobin; x/wk: weekly sessions; 1RM: one maximum repetition; RMn: maximum repetitions number; CAD: coronary artery disease; CHF: heart failure; HRR: maximal heart rate reserve.

training.³¹ Furthermore, comparing continuous and interval training, as well as analysing the mechanisms underlying the effects of immersion in water on lipids profile and glycaemic variables would be possible and highly relevant.

Studies involving strength exercise/training

Among the studies analysed, only one²⁸ investigated the effects of aquatic strength training, comparing them to those of strength training executed with elastic bands on dry land. In this study, postmenopausal women underwent a 12-week intervention, with training frequency increasing from two to three sessions per week during the training period. Additionally, over the training period, volume increased from one set to two supersets and intensity increased from 5 to 7 points of the OMNI scale (RPE). No significant differences were found in fasting glycaemia and lipids profile in response to this training mode, which appears not to be the more adequate for populations in which these alterations are important aims. It is also important to consider that the magnitude of intensity progression was not very high; this could have been a reason for the lack of improvements in biochemical parameters found, since high-intensity strength training on dry land can enhance glycaemia and lipids profile in DM-2 patients.³² Currently, research has been demonstrating increased strength in different populations when aquatic strength training is executed at maximal velocities.^{33,34} The impact of this strategy on biochemical variables is, though, still unclear.

Definitive conclusions about the effects of this type of training on the parameters focused in this review are prevented by lack of studies with a higher level of evidence, such as randomized controlled trials. In addition, the only study involving aquatic strength training presented in its prescription moderate intensities, which are not characteristic of training programmes aiming at strength gains.

Studies involving combined strength and aerobic exercise/training

Studies analysing responses of lipids profile and glycaemia to combined training can be divided into three groups according to their methods: (a) comparisons between exercise in water and on dry land (one study²⁶); (b) comparisons between training and control groups (two studies^{24,27}); and (c) comparison of pre- and post-training values of one group (two studies^{23,25}). The populations examined were healthy premenopausal and elderly women, middle-aged overweight women (both glucose tolerant and intolerant), middle-aged men with coronary artery disease, and men and women with DM-2 and/or cardiac insufficiency. Intervention duration of the studies ranged between eight and 20 weeks, with an average training frequency of three sessions per week.

The study²⁶ with the highest training frequency – four sessions per week – presented the only protocol in which aerobic and strength-training sessions were separately executed in different days. This can be an interesting strategy when planning exercise training programmes, since it leads participants to engage in physical activity four days per week and diminishes the monotony of the sessions.

On average, total session duration of the analysed studies was approximately 60 min. In almost all studies, aerobic training sessions had a duration of about 30–40 min, with no changes along the training period. Control of session duration through energy expenditure was not used in any of these studies. In turn, strength-training volume varied between one and six sets per exercise and duration of sets was controlled through different manners, such as maximal repetition number or percentages of it, execution time or fixed number of repetitions at maximal velocity. As a consequence

of the considerable differences in training volume between the studies, it remains difficult to explore and associate the results with training prescription.

With respect to aerobic training intensity, three^{23,25,26} studies controlled this parameter during aerobic training through percentages of maximal heart rate, which ranged between 50% and 85%. Other manners of prescribing exercise intensity found were the use of heart rate reserve measures and the identification of heart rate values at the anaerobic threshold. None of the analysed studies presented intensity progression throughout the training period, which is a possible limiting factor for several physiological adjustments.

Regarding intensity prescription of strength training, exercise execution at maximal velocity was used in two studies. Another form of controlling this variable when exercising at submaximal intensities is the use of percentages of the maximal number of repetitions; this method, however, presents the disadvantage of requiring the execution of repetition maximum series in the water – in these cases, fatigue can lead to a diminution in velocity of execution, which in turn decreases the water resistance to the movement, altering the exercise load. Thus, it is possible to control intensity by determining a given number of repetitions to be executed within a determined time; however, it has to be considered that this measure is not related to repetition maximum values. The other methods used for controlling intensity were not sufficiently described in the studies, preventing their discussion. Only one study²⁵ explored an interesting intensity progression throughout the strength-training period, starting with two sets of 30 s, progressing until six sets of 10 s at maximal velocity.

Only two studies^{23,27} examined glycaemic variables and four studies^{23–27} assessed lipids profile. In all studies, combining aerobic and strength training elicited significant improvements in at least one of these variables when compared to the control group or pre-training values. The only study comparing aquatic exercise training to training on dry land demonstrated a lack of differences between these two exercise types. This emphasizes the advantages of aquatic exercise training, since this type of training could elicit the same biochemical improvements resulting from training on dry land, with the additional benefit of increased buoyancy and diminished load imposed to the musculoskeletal system.³

Suggestions for further studies include the comparison between biochemical responses elicited by exercise training in water and on dry land. Another important point would be to prescribe exercise based on maximal and/or submaximal tests executed in the training environment. Prescribing aquatic exercise training based on results reached during tests on dry land can lead to considerable errors and imprecisions, since the physiological peculiarities of water immersion, discussed in this review, are neglected in such situations.

The reduced number of database searched is a limitation in our literature search. However, the broad reach of the searched databases (PubMed and Scopus), we believe that our findings reflect the current literature on the topic of study.

Conclusion

Methodological differences between the few studies analysing the responses of glycaemia, lipoproteins and lipids profile to aquatic exercise impedes definitive conclusion about this subject. However, studies regarding responses to chronic aquatic exercise training indicate that aerobic and combined training are interesting interventions when aiming at improvements in these variables. The same has not been proven for resistance training, because the only study involving aquatic strength training found showed training characteristics incompatible with the proposal to strength gain.

In a considerable number of studies, metabolic benefits in response to aquatic exercise training could be found despite methodological flaws. This points out to the possible existence of not only an effect of exercise training in these studies, but also an effect of the physiological alterations due to immersion in water. However, these physiological alterations are still not adequately or sufficiently employed in the fields of physical activity and physical training for health.

Conflicts of interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

The authors specially thank CAPES, CNPQ and FAPERGS government associations for their support to this study.

References

- Meredith-Jones K, Waters D, Legge M, Jones L. Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: a qualitative review. *Complement Ther Med.* 2011;19:93–103.
- Alberston CL, Kruegel LFM. Influência da Imersão nas Respostas Cardiorrespiratórias em Repouso. *Rev Bras Med Esporte.* 2009;15:228–32.
- Silva EM, Kruegel LFM. Caminhada em Ambiente Aquático e Terrestre: Revisão de Literatura Sobre a Comparação das Respostas Neuromusculares e Cardiorrespiratórias. *Rev Bras Med Esporte.* 2008;14:500–4.
- Barbosa TM, Garrido MF, Bragada J. Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion. *J Strength Cond Res.* 2007;21:1255–9.
- Barbosa TM, Marinho DM, Reis VM, Silva AJ, Bragada JA. Physiological assessment of head-out aquatic exercises in healthy subjects: a qualitative review. *J Sports Sci Med.* 2009;8:179–89.
- Arborelius M Jr, Ballidín UI, Lilja B, Lundgren CE. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerosp Med.* 1972;43:592–8.
- Epstein M. Cardiovascular and renal effects of head-out water immersion in man: application of the model in the assessment of volume homeostasis. *Circ Res.* 1976;39:619–28.
- Pendergast R, Lundgren CEG. The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *J Appl Physiol.* 2009;106:276–83.
- Corruzi P, Novarini A, Rossi E, Borghetti A. Effects of 'central hypervolemia' by water immersion on renin-aldosterone system and ACTH-cortisol axis in hemodialyzed patients. *Nephron.* 1984;36:238–41.
- Rim H, Yun YM, Lee KM, Kwak JT, Ahn DW, Choi JK, et al. Effect of physical exercise on renal response to head-out water immersion. *Appl Hum Sci.* 1997;16:35–43.
- Goossens GH. The renin-angiotensin system in the pathophysiology of type 2 diabetes. *Obes Facts.* 2012;5:611–24.
- Saad MJA, Velloso LA, Carvalho CR. Angiotensin II induces tyrosine phosphorylation of insulin receptor substrate 1 and its association with phosphatidylinositol 3-kinase in rat heart. *Biochem J.* 1995;310:741–4.
- Carvalho-Filho MA, Carvalheira JB, Velloso LA, Saad MJ. Cross-talk das vias de sinalização de insulina e angiotensina II: implicações com a associação entre diabetes mellitus e hipertensão arterial e doença cardiovascular. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2007;51:195–203.
- Kasper S, Castle S, Daley B, Enderson B, Karlsta M. Blockade of the renin-angiotensin system improves insulin sensitivity in thermal injury. *Shock.* 2006;5:485–8.
- Duvivier BM, Schaper NC, Bremers MA, van Crombrugge G, Menheere PP, Kars M, et al. Minimal intensity physical activity (standing and walking) of longer duration improves insulin action and plasma lipids more than shorter periods of moderate vigorous exercise (cycling) in sedentary subjects when energy expenditure is comparable. *PLOS ONE.* 2013;8:1–8.
- Mitsuishi M, Miyashita K, Muraki A, Itoh H. Angiotensin II reduces mitochondrial content in skeletal muscle and affects glycemic control. *Diabetes.* 2009;58:710–7.
- Saiki A, Koide N, Watanabe F, Murano T, Miyashita Y, Shirai K. Suppression of lipoprotein lipase expression in 3T3-L1 cells by inhibition of adipogenic differentiation through activation of the renin-angiotensin system. *Metabolism.* 2008;57:1093–100.
- PEDro Scale. The Physiotherapy Evidence Database (PEDro). <http://www.pedro.org.au/>; Updated June 21, 1999 [accessed 10.09.12].
- Birmingham MA, Mahajan D, Neaverson MA. Blood lipids of cardiac patients after acute exercise on land and in water. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:509–11.
- Greene NP, Martin SE, Crouse SF. Acute exercise and training alter blood lipid and lipoprotein profiles differently in overweight and obese men and women. *Obesity (Silver Spring).* 2012;20:1618–27.
- Costa RR [Dissertação de Mestrado] Efeitos agudos e crônicos do treinamento em hidroginástica no perfil lipídico e na enzima lipase lipoprotéica de mulheres pré-menopáusicas dislipidêmicas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.
- Nuttamonwarakul A, Amatyakul S, Suksom D. Twelve weeks of aqua-aerobic exercise improve physiological adaptations and glycemic control in elderly patients with type 2 diabetes. *J Exerc Physiol Online.* 2012;2:64–70.
- Jones LM, Meredith-Jones K, Legge M. The effect of water-based exercise on glucose and insulin response in overweight women: a pilot study. *J Womens Health (Larchmt).* 2009;8:1653–9.
- Takehima N, Rogers ME, Watanabe E, Brechue WF, Okada A, Yamada T, et al. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:544–51.
- Tormen MLS [Dissertação de Mestrado] Efeitos do treinamento e destreino de hidroginástica no perfil lipídico e na remodelação óssea em mulheres pré-menopáusicas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.
- Volaklis KA, Spassis AT, Tokmakidis SP. Land versus water exercise in patients with coronary artery disease: effects on body composition, blood lipids, and physical fitness. *Am Heart J.* 2007;154:e1–6.
- Asa C, Schaufelberger M, Katharina SS, Bert A. Aquatic exercise is effective in improving exercise performance in patients with heart failure and type 2 diabetes mellitus. *Evid Based Complement Altern Med.* 2012:1–8.
- Colado JC, Triplett NT, Tella V, Saucedo P, Abellán J. Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol.* 2009;106:113–22.
- Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:1527–33.
- Karstoft K, Winding K, Knudsen SH, Nielsen JS, Thomsen C, Pedersen BK, et al. The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients: a randomized, controlled trial. *Diabetes Care.* 2013;36:228–36.
- Azevedo M, Garcia A, Duarte P, Rissato M, Carrara P, Marson A. Anaerobic threshold and bioenergetics: a didactic approach. *Maringá.* 2009;20:453–64.
- Brooks N, Layne JE, Gordon PL, Roubenoff R, Nelson ME, Castaneda-Sceppa C. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *Int J Med Sci.* 2006;4:19–27.
- Souza AS, Rodrigues BM, Hirschmann B, Graef FI, Tiggemann CL, Kruegel LFM. Treinamento de força no meio aquático em mulheres jovens. *Motriz.* 2010;16:649–57.
- Butelli ACK [Dissertação de Mestrado] Efeitos de um treinamento de força no meio aquático com diferentes volumes em homens jovens. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.



Caso clínico

Síndrome de pinzamiento femoroacetabular en deportista veterano



F. Jiménez Borrero^{a,*} y C. Cuenca-González^b

^a Escuela de Medicina Deportiva, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

^b Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 1 de diciembre de 2014

Aceptado el 20 de abril de 2015

Palabras clave:

Pinzamiento femoroacetabular

Lesión de cadera

Artrosis precoz

Adulto joven

Keywords:

Femoroacetabular impingement

Hip injury

Early osteoarthritis

Adult

Palavras-chave:

Impacto femoroacetabular

Lesão no quadril

Osteoartrite precoce

Adulto jovem

R E S U M E N

El síndrome de pinzamiento femoroacetabular (PFA) es una patología común en el adulto joven deportista que cada vez está tomando más relevancia y que se caracteriza por una inadecuada relación femoroacetabular, con una clínica dolorosa e incapacitante de larga evolución, que puede simular otras patologías de la cadera, motivo por el cual, se debe realizar una anamnesis y una exhaustiva exploración física que nos oriente hacia esta patología, confirmando la sospecha diagnóstica mediante pruebas complementarias como la radiografía de pelvis y la resonancia magnética (RM). El tratamiento, en general, es quirúrgico. Debemos realizar un diagnóstico temprano ya que es una causa de artrosis precoz en el adulto joven.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Femoroacetabular impingement syndrome in veteran athlete

A B S T R A C T

Femoroacetabular impingement (FAI) is a common pathology with increasing relevance among young sportsmen. This disorder consists in an inadequate femoroacetabular relation with painful and disabling clinical long evolution. FAI may mimic other hip pathologies, therefore, physicians must perform strong anamnesis and exhaustive clinical examination in order to suspect diagnosis; confirming it by complementary tests such as X-Ray pelvis and magnetic resonance. Surgical intervention is the only effective treatment. FAI may cause early arthrosis, reason why early diagnosis and correct treatment is a must.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Síndrome do impacto femoroacetabular em desportistas veteranos

R E S U M O

A síndrome do impacto femoroacetabular (IFA) é uma patologia comum em atletas adultos jovens, que cada vez mais está tomando relevância e é caracterizada por inadequação da relação femoroacetabular, com evolução clínica de dor e incapacidade por um período prolongado, que pode ser semelhante a outras doenças do quadril. Por isso, é necessária uma avaliação detalhada e um exame físico completo para nos orientar sobre essa patologia, confirmando o diagnóstico suspeito através de exames complementares como a radiografia pélvica e exames de ressonância magnética (RM). O tratamento geralmente é cirúrgico. Deve-se realizar um diagnóstico cedo, já que é uma causa de osteoartrite precoce em adultos jovens.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fabio_jimenezb@hotmail.com (F. Jiménez Borrero).

Introducción

El pinzamiento o choque femoroacetabular (PFA) es una entidad descrita recientemente y es una patología a tener en cuenta en el diagnóstico diferencial de coxalgia en pacientes jóvenes, especialmente deportistas. El diagnóstico precoz y tratamiento temprano de esta entidad es esencial para evitar la implantación de una prótesis de cadera en pacientes menores de 50 años. Es necesario realizar una adecuada anamnesis dirigida y una exploración física minuciosa, con maniobras exploratorias que nos ayuden a realizar un buen diagnóstico diferencial, confirmándose posteriormente esta afección, mediante la realización de pruebas radiológicas complementarias.

Caso clínico

Paciente varón de 38 años, valorado en consulta por coxalgia derecha de año y medio de evolución, de características mecánicas. Refiere dolor con práctica de ejercicio físico y leve limitación de la movilidad en ciertas posturas. Mecánico de profesión, en su tiempo libre realizaba bicicleta (40 km diarios en fines de semana), carrera 3 veces por semana durante 50 minutos y marcha de una hora los días que no realizaba carrera. El dolor se ha ido incrementando progresivamente, realizando, en la actualidad, solamente marcha.

A la exploración física destaca un dolor a la palpación en tercio medio de la región inguinal derecha con dolor a la flexión, aducción y rotaciones sobre todo interna (maniobra de choque positiva). El balance articular de caderas es de flexión 110° bilateral, rotación interna de 10° derecha, 40° izquierda y rotación externa de 30° derecha, 40° izquierda. El balance muscular en la escala de Daniels es de 5/5 global bilateral. No presenta dolor a la palpación de puntos ciáticos y las maniobras de Valleix, Fabere, Lasegue y Bragard son negativas. Tampoco presenta dolor a la palpación en la cintilla iliotibial y el test de Ober es negativo. En la exploración de la marcha observamos ausencia de claudicación y el apoyo monopodal alterno derecho-izquierdo es estable, con Trendelenburg negativo. Presenta dolor para la marcha con flexión forzada de cadera y rodilla. La radiología simple anteroposterior (AP) presentaba una deformidad en forma de joroba en región cervico-cefálica femoral derecha. La analítica solicitada con hemograma, bioquímica, hormonas tiroideas, anticuerpos y reactantes de fase aguda era normal (fig. 1).

Ante estos hallazgos se solicita resonancia magnética de cadera en la que se visualiza leve alteración subcondral, con edema óseo en cadera derecha, con irregularidad cortical y leve sinovitis



Figura 1. Radiografía simple de cadera A-P: rectificación de la unión cervicocefálica femoral con prominencia ósea o giba.

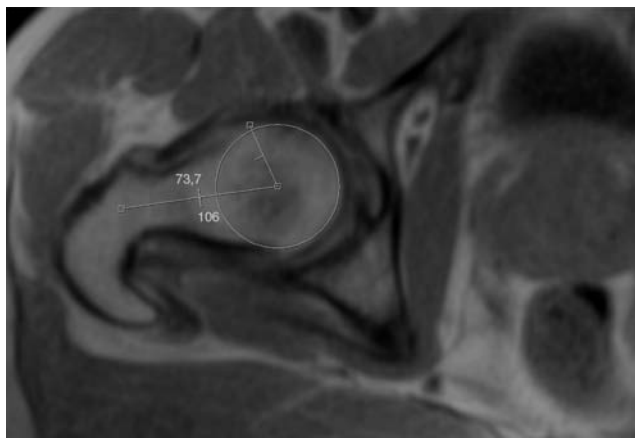


Figura 2. Resonancia nuclear magnética: medición de ángulo α : 73°. Cambio quísticos en la unión cervicocefálica llamados fositas del cuello femoral. Islole óseo en cabeza femoral.

en interlínea articular, con distensión de la bursa ilio-psoas. La cabeza femoral presenta un pequeño islole óseo y el ángulo alfa es mayor de 50° (fig. 2). La artrografía muestra un pinzamiento de la interlínea articular antero-superior y posteroinferior, un incipiente collar osteofitario femoral con pequeñas lesiones subcondrales antero-superiores de cabeza femoral y pequeños focos de edema en acetábulo anterosuperior. No se visualiza necrosis avascular ni lesiones en el labrum. También se visualiza una lesión quística yuxtaarticular en relación con trocánter mayor (fig. 3).

Con el diagnóstico de síndrome de pinzamiento femoroacetabular tipo LEVA (también conocido por CAM) se le prescribe al paciente tratamiento con magnetoterapia (15 sesiones), para mejorar la clínica del dolor y el trofismo óseo. Se pauta tratamiento farmacológico con asociación de sulfato de glucosamina-condroitin sulfato oral 400 mg cada 12 horas durante 3 meses y antiinflamatorios no esteroideos a demanda si presenta dolor. Se le indica reposo deportivo para evitar choque en la articulación, con actividad física controlada, recomendando no sobrepasar los 90 grados de flexión de la cadera y evitar las rotaciones.

Se remite a unidad de artroscopia del servicio de traumatología para valoración de cirugía artroscópica.



Figura 3. Artrografía: pinzamiento de la interlínea articular antero-superior y posteroinferior, incipiente collar osteofitario femoral con pequeñas lesiones subcondrales antero-superiores de cabeza femoral y pequeños focos de edema en acetábulo anterosuperior. Lesión quística yuxtaarticular en relación con trocánter mayor.

Tabla 1

Causas de artrosis en el adulto joven

Etiología desconocida 10%	Genéticas, metabólicas, etc.
Etiología conocida: biológicas 15%	Osteoporosis, necrosis avascular (NAV)-Perthes, enfermedades reumáticas, enf. sistémicas, neuropatía periférica y centrales
Etiología conocida: mecánica 75%	Displasia residual de cadera, secuelas de NAV y Perthes, secuela epifisiolisis, secuelas de coxitis séptica, postraumáticas, PFA

Discusión

La prevalencia del PFA se encuentra entre 10-15% de la población de entre 20-50 años^{1,2}. Un 75% de estos pacientes practican deporte de forma regular, generalmente deportes que requieren flexión de la cadera y/o impacto sobre ella³. Como es el caso de nuestro paciente, esta patología se presenta en personas de entre 20-50 años, siendo el motivo de consulta dolor que puede presentarse en región inguinal, trocánter mayor, región glútea o irradiado a la rodilla; de inicio lento, con evolución variable, que puede ir de meses a años, sin un antecedente traumático previo⁴⁻⁶. Estos pacientes tienen limitación para los movimientos de flexión-aducción-rotación interna de la cadera^{7,8} (tabla 1).

Existen una serie de maniobras que, aunque no son específicas de esta patología, sí tienen una alta correlación clínica con el PFA:

Maniobra de choque: en decúbito supino, se realiza flexión femoral a 90° con rotación interna y aducción de la cadera, siendo positiva cuando desencadena dolor^{9,10}.

Maniobra de aprehensión: en decúbito supino, se coloca la pierna a explorar en extensión moderada y aparece dolor con la rotación externa máxima.

Maniobra de F.A.B.E.R.: en decúbito supino, se coloca la pierna a explorar en flexión, abducción y rotación externa sujetando la pelvis. Se mide la distancia vertical entre rodilla y la camilla comparándose contra el lado contralateral. Se considera positiva cuando la distancia es menor en la extremidad afectada frente a la contralateral o cuando aparece dolor al forzar la abducción¹¹.

Existen 3 tipos de mecanismos clínicos y radiológicos de atrapamiento femoroacetabulares básicos:

Tipo LEVA (CAM): que es el mecanismo presentado por nuestro paciente, consistente en el atrapamiento de causa femoral debido a la existencia de una prominencia ósea en la transición cabeza-cuello que genera un contacto anormal entre la cabeza femoral y el reborde acetabular^{12,13}.

Tipo *pincer*: de causa acetabular, se produce por una cobertura excesiva de la cabeza femoral¹⁴.

Tipo mixto: es una combinación de los 2 tipos de atrapamiento anteriormente descritos.

Sin embargo, para su diagnóstico, aparte de la sospecha basada en la clínica y exploración exhaustiva del paciente, es necesaria la confirmación mediante técnicas de imagen como son la radiografía simple (AP, axial y lateral), la tomografía axial computarizada (TAC) y la artroresonancia, siendo esta última la que nos aporta mayor información sobre el estado en el que se encuentra el labrum y el cartílago articular y la prueba que nos confirmó el diagnóstico de nuestro paciente (tabla 2).

El tratamiento conservador no ha demostrado ser efectivo ya que este no mejora el conflicto mecánico que se produce, siendo fundamental el tratamiento quirúrgico. Las técnicas que se están utilizando en este momento son: artroscopia (con frecuencia creciente), cirugía abierta mediante mini abordaje anterior y abordaje abierto, con luxación de cadera y osteoplastia de cuello femoral (el más agresivo).

Tabla 2

Diagnóstico diferencial de dolor inguinal en el adulto

Endometriosis
Cólico renal
Varicocele
Epididimitis
Hernia inguinal
Pubalgia del deportista
Cruralgias
Síndrome facetario
Síndrome del piriforme
Meralgia parestésica
Atrapamiento del nervio pudendo u obturador
Fractura de estrés (fémur proximal, pala iliaca, rama isquiática)
Roturas musculares (sartorio, aductores, recto femoral o psoas iliaco)
Esguinces
Tendinopatía (glútea, rotadores externos de cadera o psoas iliaco)
Bursitis (trocánter mayor o menor, iliopsoas, tuberosidad isquiática)
Necrosis avascular de la cabeza femoral
Coxartrosis

A modo de conclusión podemos afirmar que el conocimiento del PFA tiene una implicación directa en nuestra práctica asistencial cotidiana porque un retraso en su diagnóstico supone un empeoramiento de la calidad de vida de estos pacientes, en el pronóstico y en la aparición de limitaciones para el desarrollo de una actividad física adecuada a cada edad. Debemos tener esta entidad presente en el diagnóstico diferencial de las coxalgias, especialmente en sujetos deportistas, ya que una correcta exploración física, diagnóstico y tratamiento temprano van a retrasar, en estos pacientes, la aparición de una artrosis precoz de cadera.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Gosvig KK, Jacobsen S, Sonne-Holm S, Palm H, Troelsen A. Prevalence of malformations of the hip joint and their relationship to sex, groin pain, and risk of osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:1162-9.
- Gosvig KK, Jacobsen S, Sonne-Holm S, Gebuhr P. The prevalence of cam-type deformity of the hip joint: A survey of 4151 subjects of the Copenhagen Osteoarthritis Study. *Acta Radiol.* 2008;49:436-41.
- Weir A, de Vos RJ, Moen M, Hölmich P, Tol JL. Prevalence of radiological signs of femoroacetabular impingement in patients presenting with long-standing adductor-related groin pain. *Br J Sports Med.* 2011;45:6-9.
- Parvizi J, Leunig M, Ganz R. Femoroacetabular impingement. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15(9):561-70.
- Philippon MJ, Maxwell RB, Johnston TL, Schenker M, Briggs KK. Clinical presentation of femoroacetabular impingement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(8):1041-7.
- Philippon MJ, Schenker ML. Arthroscopy for the treatment of femoroacetabular impingement in the athlete. *Clin Sports Med.* 2006;25:299-308.
- Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Nötzli H, Siebenrock KA. Femoroacetabular impingement: A cause for osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;417:1-9.
- Ito K, Leunig M, Ganz R. Histopathologic features of the acetabular labrum in femoroacetabular impingement. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;429:262-71.
- Klaue K, Durnin CW, Ganz R. The acetabular rim syndrome. A clinical presentation of dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg.* 1991;73-B:423-9.
- Burnett RS, Della Rocca GJ, Prather H, Curry M, Maloney WJ, Clohisy JC. Clinical presentation of patients with tears of the acetabular labrum. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:1448-57.
- Philippon M, Schenker M, Briggs K, Kuppersmith D. Clinical presentation of femoroacetabular impingement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:1041-7.
- Nishii T, Tanaka H, Nakanishi K, Sugano N, Miki H, Yoshikawa H. Fat-suppressed 3D spoiled gradient-echo MRI and MDCT arthrography of articular cartilage in patients with hip dysplasia. *Am J Roentgenol.* 2005;185:379-85.
- Kassarjian A, Yoon LS, Belzile E, Connolly SA, Millis MB, Palmer WE. Triad of MR arthrographic findings in patients with Cam type femoroacetabular impingement. *Radiology.* 2005;236:588-92.
- Giori NJ, Trousdale RT. Acetabular Retroversion is associated with osteoarthritis of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;417:263-9.



Comunicaciones

Resúmenes de las comunicaciones científicas presentadas a las Jornadas nacionales de medicina del deporte 2014: SAMEDE XXV Aniversario. Granada 14 y 15 de Noviembre de 2014



Efecto inmediato del vendaje dynamic tape® sobre la torsión tibial externa dolorosa en un jugador de fútbol

B. De la Cruz Torres^a, M. Albornoz Cabello^a,
 L. Espejo Antúñez^b

^a Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla

^b Departamento de Fisioterapia. Universidad de Extremadura

Introducción. Las alteraciones del movimiento, tanto en el plano transversal como frontal, de las extremidades inferiores provocan dolor en la rodilla.

Objetivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto inmediato del vendaje Dynamic Tape® sobre el patrón de movimiento y las propiedades contráctiles de los músculos superficiales implicados en la torsión tibial externa en un jugador de fútbol.

Método. Se evaluó a un jugador de fútbol, con torsión tibial externa dolorosa en la extremidad inferior derecha. Se midió el ángulo muslo-pie como medida de torsión tibial, el nivel del dolor mediante la escala visual analógica y las propiedades contráctiles de la musculatura superficial, en ambas extremidades inferiores, mediante tensiomiografía del Glúteo mayor (GT), Vasto externo (VL), Vasto interno (VM), Recto anterior del cuádriceps (RA), Semitendinoso (ST), Aductor largo (AL), Gemelo lateral (GL), Gemelo medial (GM), Tibial anterior (TA) y Peroneos (P). Se aplicó el vendaje Dynamic Tape® durante 10 días y posteriormente se volvió a realizar una evaluación como la inicial.

Resultados. Se observó una reducción del ángulo muslo-pie de la extremidad inferior derecha de 20° a 2,5° en decúbito prono y de 23° a 4° en bipedestación. El nivel del dolor se redujo de 7,5 a 2 sobre 10 puntos. TA, GL, ST, AL y P disminuyeron su tiempo de respuesta o latencia (Td) y su velocidad de Reacción (Vr) y, aumentaron su deformidad máxima (Dm), lo que se traduce en una menor activación y menor rigidez. RA y GM aumentaron su Td, Dm y Vr, lo que se traduce en una mayor activación muscular.

Conclusiones. El vendaje Dynamic Tape® produjo cambios en el patrón de movimiento y las propiedades contráctiles de los



músculos superficiales implicados en la torsión tibial externa en un jugador de fútbol, que redonda en una mejoría clínica interpretada como una reducción del dolor.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.002>

Daño muscular, inflamación y ejercicio físico intenso en el organismo sedentario. El papel protector de phlebodium decumanum

M.C. Vargas Corzo, C. De Teresa Galván,
 D. Segura Millán, E. Barbero Rodríguez,
 E. Esteban Fernández, R. Guisado Barrilao

Servicio Andaluz de Salud

Introducción. Phlebodium Decumanum (PD) es una variedad de helecho cuyas principales plantaciones se encuentran en Centroamérica, con propiedades antioxidantes e inmuno-moduladoras científicamente contrastadas y eficacia demostrada a medio-largo plazo, en la atenuación de lesiones tisulares y alteraciones inmunes ligadas al ejercicio físico de alta intensidad en sujetos deportistas. Sin embargo, sus efectos aún no han sido evaluados en personas sedentarias, cuando es administrado a bajas dosis, en el preesfuerzo inmediato de un ejercicio intenso de gran potencial lesivo músculo-esquelético.

Objetivos. Conocer los efectos inmunomoduladores protectores del *Phlebodium decumanum* (PD) en una población sedentaria frente al ejercicio intenso excéntrico, como modelo de daño muscular inflamatorio.

Método

Muestra: 33 varones sedentarios (48,3 ± 5,9 años), pertenecientes al colectivo de trabajadores del Servicio Público del Taxi de Granada.

Diseño: experimental a doble ciego, multigrupo, randomizado en base al consumo máximo de oxígeno, con grupo experimental (n = 17) al que se le administró formulación de PD desde el 3.º día pretest, y grupo control (n = 17) que tomó placebo. Cada participante realizó una ergoespirometría en tapiz rodante, con protocolo de ejercicio de predominio excéntrico en estado estable (2 tandas de 5 minutos separadas por 2 minutos de recuperación activa, a



una intensidad entre el 70 y el 80% del consumo máximo de oxígeno individual, aplicando pendiente descendiente constante del 14%). La valoración de la respuesta al ejercicio, se realizó mediante comparación intragrupo del cambio pre-postesfuerzo de variables sanguíneas inflamatorias-inmunológicas y daño muscular, y funcionalidad musculoesquelética. Los efectos de PD, se evaluaron mediante comparación intergrupos del porcentaje de cambio pre-postejercicio de dichas variables. Se asumieron diferencias significativas para $p < 0,05$.

Resultados. Enzimas de daño muscular Creatín fosfoquinasa (CPK), Mioglobina (MG) y Lactato Deshidrogenasa (LDH): elevaciones significativas postest en ambos grupos, resultando mayores en el grupo placebo, sin cambios en la troponina cardiaca.

Parámetros funcionales musculares: disminuciones significativas postejercicio de los test de salto SJ y CMJ en los dos grupos, de mayor magnitud en el placebo, y reducción significativa postest de la fuerza isométrica máxima manual sólo en el control.

Parámetros inflamatorio-inmunológicos: leucocitosis significativa postejercicio en ambos grupos respecto al pretest, elevaciones significativas de IL-1ra, sTNFR2 y PCR-hs tras el ejercicio, reducciones no significativas de TNF- α e IL-6 en el grupo experimental, y aumentos significativos postest de TNF- α , IL-6, y PCR-hs, con reducciones no significativas de IL-1ra en el grupo placebo.

Todas las diferencias intergrupos postest de las variables dependientes sanguíneas y funcionales musculares descritas, resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Conclusiones. El protocolo de ejercicio aplicado ha inducido en el grupo PD menor daño musculoesquelético con respuesta de predominio antiinflamatorio, observándose en el grupo placebo, mayor daño muscular con marcada respuesta proinflamatoria, y más atenuada respuesta simultánea antiinflamatoria.

Por lo tanto, la suplementación oral a corto plazo de PD, ha demostrado atenuar el daño muscular y los fenómenos inflamatorios-inmunológicos implicados en la respuesta inmediata al ejercicio físico intenso, en este grupo de sujetos sedentarios.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.003>

Calidad sensorial de un batido recuperador específico para jugadores de fútbol de primera división

M. Mariscal-Arcas^{a,b}, J.A. Latorre^b, N. Giménez-Blasi^b, M.A. Barcos-Molina^c, A. Ruiz^a, R.C. Romero^a, A. Fernández-Gere^a

^a Servicios Médicos Granada CF

^b Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología. Universidad de Murcia

^c Hospital Virgen de la Nieves. Granada

Introducción. La necesidad de recuperación en el descanso del partido en jugadores de fútbol, hace que los alimentos aportados en este periodo sean fundamentales. No todos los alimentos garantizarían una correcta reposición de nutrientes, siendo importante abordar parámetros de calidad sensorial que, no solamente faciliten la ingesta, sino que además resulten atractivo al futbolista.

Objetivo. Valorar la calidad de un batido recuperador, utilizado en jugadores de fútbol de primera división, identificando los parámetros de calidad más significativos que puedan estar relacionados con la aceptación en su ingesta.

Método. Batidos muestreados: 6 batidos recuperadores diseñados específicamente para jugadores de un equipo de primera división española, realizados con propiedades nutricionales similares, pero con parámetros organolépticos diferentes. Parámetros de calidad: análisis sensorial valorando la textura, sabor, olor y color del batido. Métodos de análisis: cata a ciegas de las

Tabla 1
Resultados test de aceptación

Muestra	Media (Desviación Estándar)	Valor Mínimo	Valor Máximo
Batido 1	5.81 (1.60)	4	9
Batido 2	5.75 (2.14)	1	9
Batido 3	4.93 (1.87)	2	8
Batido 4	5.18 (1.64)	2	8
Batido 5	5.43 (1.96)	2	8
Batido 6	7.00 (1.71)	3	10

6 muestras por parte de los jugadores y cuerpo técnico con una puntuación de 0 (muy malo) a 10 (muy bueno), con un test de aceptación del batido seleccionado a los 2 meses de ser suministrado en cada partido, en el que se preguntó por la textura, sabor, olor y sensación de mejora del rendimiento (0-10 puntos).

Resultados. Los resultados del test de aceptación se muestran en la tabla 1. Los valores obtenidos en la valoración del batido elegido después de 2 meses fueron de 10 puntos de media para la textura, de 9.63 puntos (DE: 0.67) para el sabor, 9.45 puntos (DE: 1.03) para el olor y de 9.18 puntos (DE: 1.47) para la sensación de recuperación.

Conclusiones. El batido elegido en la cata a ciegas obtuvo la mayor puntuación siendo un parámetro de calidad importante que garantice su ingesta en los descansos del partido. Estos parámetros de calidad se han visto corroborados en la valoración posterior, donde los jugadores dan una puntuación media por encima de 9 para parámetros organolépticos tan importantes como la textura, sabor y olor, así como para el objetivo principal del batido que es la sensación de recuperación.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.004>

Análisis de la arquitectura muscular tras elongación muscular pasiva y elongación muscular eléctrica mediante ecografía



B. De la Cruz Torres, M. Albornoz Cabello, M.D. Sánchez López

Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla

Introducción. La arquitectura muscular es un término utilizado para describir la disposición estructural de las fibras musculares y es un importante factor determinante de la fuerza muscular.

Objetivo. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto inmediato sobre la estructura interna del músculo bíceps femoral, mediante ecografía, tras la aplicación de elongación muscular pasiva (EMP) y elongación muscular eléctrica (EME) en sujetos sanos.

Método. Es un estudio experimental, aleatorizado y sin grupo control. Se incluyeron a 37 corredores no profesionales (20 hombres), con una edad media de $33,54 \pm 12,12$ años; un peso de $68,35 \pm 11,16$ kg y una altura de $1,71 \pm 0,08$ metros. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente al grupo EMP ($n = 19$ sujetos), que se les realizaba estiramiento pasivo del músculo bíceps femoral y al grupo EME ($n = 18$ sujetos), que se les practicaba una elongación muscular eléctrica con una corriente rectangular bifásica simétrica de 300 microsegundos de duración de fase y técnica bipolar. Se midió (pre y post-intervención) la amplitud de movimiento a través de los test de elevación de la pierna recta (EPR) y test de extensión activa de la rodilla (EAR); y los parámetros arquitectónicos musculares mediante ecografía: el grosor del tejido subcutáneo (TS), el Grosor Muscular (GM), el Ángulo de Pennación (AP) y la longitud del fascículo muscular (LF).

Resultados. Se obtuvieron cambios estadísticamente significativos a favor del grupo EME en el AP ($p = 0,001$) y en la LF ($p = 0,006$).



Conclusiones. La aplicación de EME produce cambios estadísticamente significativos y un aumento inmediato del AP (+16%) y una disminución de la LF (-12%) con respecto a la EMP, medidos a través de ecografía.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.005>

Estimación del gasto de energía en un partido amistoso de jugadores de fútbol de primera división



A. Ruiz^a, R.C. Romero^a, A. Fernández-Gere^a, J.A. Morcillo^{a,c}, M. Mariscal-Arcas^{a,b}

^a Servicios Médicos Granada CF

^b Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología. Universidad de Murcia

^c Departamento de Didáctica de la expresión musical, plástica y corporal. Universidad de Jaén

Introducción. Uno de los aspectos con más relevancia, dentro del rendimiento deportivo en fútbol, es el gasto energético que tiene el sujeto. Gracias a la utilización de la tecnología GPS, recientemente incorporada al mundo del fútbol, y conociendo el coste energético de la carrera y de las aceleraciones, se puede estimar este dato medido durante la competición, aunque existe poca bibliografía al respecto.

Objetivo. Este estudio pretende dar a conocer el gasto energético que se produce en futbolistas de élite durante un partido, así como la diferencia de consumo respecto a los sistemas aeróbicos y anaeróbicos.

Método. Se presentan los datos de 20 jugadores de fútbol profesional pertenecientes a un equipo que participa en la Liga BBVA española durante la temporada 2014-2015. La media de edad de los sujetos 25,7 años (DE: 4,5), peso 80,6 kg (DE: 6,3), talla 181 cm (DE: 5,1) y umbral anaeróbico 14,73 km/h (DE: 0,9).

El registro se realizó mediante dispositivos GPS de última tecnología ubicados dentro de un chaleco especial que se coloca en la espalda del atleta. Los dispositivos utilizan tecnología GPS con frecuencia de registro de 20 Hz, y detectan la posición, velocidad y movimientos del atleta con una precisión muy alta en el plano horizontal. También, el dispositivo GPS cuenta con un acelerómetro tri-axial que favorece el registro de toda acción mecánica, tal como aceleraciones o frenadas, y un microprocesador interno que permite el procesamiento de señales directamente en el dispositivo. Los datos fueron recogidos durante un partido de fútbol no oficial en 2 partes de 45 minutos cada una. Los datos extraídos del GPS fueron analizados mediante el software proporcionado por el fabricante, donde cada sujeto se identifica con un perfil individual actualizado que recoge peso, talla y umbral anaeróbico individual (estimado mediante test incremental), variables que dan valor a dichos datos; conociendo estas variables, el software permite estimar el gasto energético (Kcal/kg) así como el porcentaje de esta energía que ha sido requerida por la fuente energética anaeróbica, entre otros muchos aspectos.

Resultados. El gasto energético total medio estimado para 45 minutos fue de 545.49 Kcal (DE: 53.32). El test ANOVA muestra significación ($p \leq 0.05$) para el gasto energético por kg al comparar por posiciones, siendo el valor más bajo para los centrales 6.17 Kcal/kg (DE: 0.28) y el más alto para medio de banda 7.15 Kcal/kg (DE: 0.61). No hay diferencias estadísticamente significativas en las posiciones al corregir el gasto por el peso del sujeto ($P = 0.099$)

Conclusiones. El gasto energético medio por jugador en 45 minutos de juego es de 545.49 Kcal, siendo mayor el gasto por kg en los medios de banda, aunque al estimar el gasto total teniendo

en cuenta el peso del sujeto, el comportamiento es similar para todos los jugadores independientemente de su posición.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.006>

Variabilidad de la frecuencia cardíaca en relación con el ciclo menstrual: revisión



I.M. Amat Macías^a, E. Sarabia Cachadiña^b, J. Naranjo Orellana^a

^a Universidad Pablo de Olavide. Sevilla

^b CEU Cardenal Spínola. Sevilla

Introducción. La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC), es la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido, nunca superior a 24 horas en un análisis de períodos circadianos consecutivos. La VFC está relacionada con la modulación del sistema nervioso simpático y parasimpático. Su estudio puede ser útil en el diagnóstico y tratamiento de las complicaciones de la salud cardiovascular y también como herramienta complementaria en la prescripción del ejercicio físico para las personas sedentarias, deportistas y con enfermedades del corazón u otras patologías tanto físicas como psíquicas. En una persona sana en reposo, los latidos se producen con una frecuencia variable, es decir, el tiempo entre dos latidos varía a lo largo de un registro; pero cabe destacar que existe cierta controversia respecto a la implicación del ciclo menstrual en la VFC en sujetos sanos.

Objetivo. Realizar una revisión bibliográfica para conocer qué se conoce actualmente y qué se ha investigado sobre la VFC en mujeres, más concretamente en su relación con el ciclo menstrual

Método.

Material: Bases de datos (PubMed; Cochrane; Otras bibliotecas electrónicas).

Métodos: Se ha realizado una búsqueda sistematizada con los términos "Heart Rate Variability and menstrual cycle", posteriormente se ha acotado la búsqueda marcando "en humanos", "en mujeres", "en los últimos 10 años" y "en los últimos 5 años". Hasta obtener al menos 40 resultados significativos para nuestro estudio.

Resultados. Se han obtenido de la búsqueda 5 tendencias de opiniones diferentes: 1.- Eumenorreicas, no cambios. (Matsumoto et al., 2006; Konishi 2008). 2.- El sistema nervioso simpático aumenta su actividad y el parasimpático lo disminuye en la fase lútea. (Matsumoto et al., 2007; Sato 2004), siendo la parasimpática predominante en la fase folicular. (Dimitriev et al., 2007; Baker et al., 2008; Yildirim et al., 2006), y relacionado con el pico de progesterona en la fase lútea (Zanbotti et al., 2013; Tenan et al., 2014). 3.- Disminución de la actividad parasimpática y aumento de la actividad simpática en la fase folicular (Landen et al., 2004; Park et al., 2005; Mckinley et al., 2009). 4.- Aumento de la actividad parasimpática, y disminución de la actividad simpática en la fase lútea (Weissman et al., 2009; Princi et al., 2005). 5.- Aumento de la actividad parasimpática y disminución de la actividad simpática en la fase folicular (Kuo et al., 2010). Otros factores como la edad y la disminución de los niveles de estrógenos están asociados con alteraciones autonómicas (Moodithay et al., 2009), al igual que lo están los tratamientos con anticonceptivos (Wilczak et al., 2013). También cabría destacar que la práctica de ejercicio físico puede influir sobre la función del sistema nervioso autónomo y por tanto sobre la VFC (Cedric et al., 2010; Sato et al., 2011; Nakamura et al., 2013).

Conclusiones. Existen diversidad de opiniones sobre la regulación de la VFC y su relación con el ciclo menstrual en mujeres. Es necesario realizar más estudios para generar una conclusión firme que aclare el porqué de todas las posturas citadas anteriormente.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.007>

Lesiones recurrentes en el jugador de golf: revisión sistemática



M. Pradas García^a, M. García Tascón^a,
A.M. Gallardo Guerrero^b

^a Universidad Pablo Olavide. Sevilla

^b Universidad Católica San Antonio de Murcia

Introducción. Recientemente ha habido un incremento de la accesibilidad y participación al golf, esto conlleva el aumento y diversidad de problemas músculo-esqueléticos en los jugadores.

Objetivo. El objetivo del presente estudio fue realizar una revisión bibliográfica de las principales lesiones del usuario de un campo de golf.

Método. Se ha realizado una revisión bibliográfica de la base de datos Scopus durante los meses de Enero a Junio de 2014. Es una investigación descriptiva donde la expresión *golf* se utilizó como criterio de búsqueda tanto en el título o resumen, en artículos redactados en inglés o español.

Resultados. Hay un total de 5632 artículos, 423 relativos a lesiones del jugador. En la Tabla 1 se registra la muestra de estudio de 159 artículos de las lesiones más representativas.

Tabla 1
Lesiones más comunes

Nº artículos	Tipo de lesión
20	Codo: Epicondilitis medial brazo posterior Epicondilitis lateral brazo principal
7	Muñeca: Subluxación dedos Lesiones del tendón Fracturas
21	Lesiones por la tolerancia al dolor-sobreesfuerzo
12	Daños físicos por la práctica del golf
7	Lesiones dermatológicas
19	Lesiones por estrés (físico)
16	Tren inferior: -Tobillo -Pie -Rodilla
33	Espalda: dolor lumbar
15	Hombro: Artropatía acromioclavicular Tendinopatía manguito rotadores Subluxación glenohumeral posterior Inestabilidad articular
9	Lesiones en niños
159	TOTAL

Conclusiones. Aunque el riesgo de la práctica del golf es moderado, las lesiones se originan por exceso de uso o causa traumática afectando a las articulaciones (codo, muñeca, hombro) y otros lugares como la zona dorsolumbar. Otros factores controvertidos en la literatura (que afectan a la validez interna de los estudios) reflejan que pueden favorecer el aumento de las lesiones indicadores como la edad, nivel de habilidad, condiciones de juego, o aspectos culturales.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.008>

Protocolo ARISTO de reconocimiento médico y valoración funcional de jóvenes deportistas. Proyecto europeo por la práctica deportiva saludable



JdD. Beas-Jiménez^a, R.A. Centeno-Prada^a,
C. García-Antúnez^a, R. Yang-Lai^b

^a Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla

^b Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad de Cádiz

Introducción. Entre las Acciones Preparatorias del Asociacionismo Europeo en el Deporte (Preparatory Action: European Partnership on Sports) ha sido seleccionado el Proyecto ARISTO. Uno de sus objetivos era confeccionar un protocolo para valoración de la salud, prevenir efectos adversos del entrenamiento y detectar criterios de rendimiento deportivo para optimizar las cargas en jóvenes deportistas. Fruto de este proyecto se ha elaborado el Protocolo ARISTO.

Objetivo. Difundir el Protocolo ARISTO.

Método. Se exponen los componentes del Protocolo (pruebas médicas, pruebas antropométricas y tests de valoración funcional general y específicos) para los cinco deportes que componen esta primera fase del proyecto (Badminton, Balonmano, Gimnasia Rítmica, Triatlón y Voleibol).

Resultados. El protocolo está compuesto por:

Pruebas Médicas: anamnesis, exploración física, ECG (reposo de 12 derivaciones) y estatus puberal.

Antropometría: IMC, circunferencia de cintura, pliegues cutáneos subescapular y del tríceps

Valoración Funcional General: dinamometría manual, salto de longitud con pies juntos, test de carrera ida y vuelta 4x10 y test de carrera ida y vuelta de 20 metros.

Valoración Funcional Específica:

Badminton: test de precisión, test de táctica

Balonmano: lanzamiento por encima de la cabeza.

Gimnasia Rítmica: equilibrio monopodal, lanzamiento de pelota y voltereta hacia delante, flexión de cadera derecha e izquierda, flexiones abdominales en V, puente, flexiones lumbares, flexión de cadera en apoyo, flexión de hombros, salto con apertura de piernas, salto comba pies juntos.

Triatlón:

Edades de 9 a 12 años: 100m natación estilo libre, 400m natación estilo libre, 200m carrera continua.

Edades de 13 a 16 años: 800m natación estilo libre, 1000m natación estilo libre, 400m carrera continua.

Voleibol: golpeo con salto, golpeo sin salto.

Conclusiones. El protocolo ARISTO puede ser una herramienta útil para propiciar la práctica deportiva saludable y facilitar la valoración de la calidad de los entrenamientos de jóvenes deportistas europeos.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.009>

Fibromatosis plantar o enfermedad de Ledderhose, como causa de dolor plantar



JdD. Beas-Jiménez^{a,*}, R.A. Centeno-Prada^a,
C. García-Antúnez^a, M.D. Sánchez López^b,
R. Yang Lai^c

^a Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla

^b Empresa Pública de Emergencias Sanitarias. Cádiz

^c Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad de Cádiz

Introducción. El diagnóstico diferencial del dolor plantar en deportistas incluye diferentes entidades patológicas entre las cuales, la fibromatosis plantar, es infrecuente y poco conocida.

Objetivo. Presentar un caso de Fibromatosis Plantar en un deportista.

Caso Clínico. Deportista de élite, 35 años, Atletismo 3000 m obstáculos (63 kg, 178 cm).

Antecedentes: tendinopatía flexor primer dedo pie derecho, fractura estrés tibia derecha, tendinopatía tibial anterior izquierdo, tendinopatía isquiotibial izquierdo, protusión discal L4-L5, rotura fibras gemelo izquierdo.

Motivo de Consulta: dolor y tumefacción tercio medio arco plantar derecho, refiere contusiones repetidas a ese nivel en competición hacía tres semanas.

Exploración: formación fusiforme dolorosa, que no se desplaza, ni aumenta el dolor, con la contracción de la musculatura plantar.



Exploraciones Complementarias:

Ecografía: a nivel de la zona dolorosa se aprecia formación fusiforme hipocogénica adyacente a la fascia plantar de 6x32 mm de dimensiones máximas. Flexor primer dedo y fascia plantar conservan ecoestructura.



Huella Estática: sobrecarga de presiones en punto doloroso con plantillas de competición.

Tratamiento:

Médico: Traumeel® comprimidos (1/8 h x 21 días).

Recuperación Funcional: Masoterapia, electroterapia, estiramientos.

Infiltración local: Traumeel® y Lymphomyosot® iny. (1/sem x 4 sem).

Otros: modificación plantillas de competición.

Evolución: desaparición del dolor y de la induración tras seis semanas de tratamiento.

Discusión. Descrita en 1897 por Ledderhose (1855-1925), como engrosamiento de fascia plantar superficial (Proliferación fibrohistiocitaria con marcada vascularización). Frecuente asociación a Fibromatosis (Dupuytren, Peyronie, Knuckle Pads). Afecta con mayor frecuencia a varones (6-10 hombres por cada mujer), rara vez a niños o adolescentes. Incidencia de 1,2 casos/10000 habitantes (Holanda).

Etiología: genética, microtraumatismos, inmovilización, tensión mantenida fascia plantar, tabaco, diabetes, alcohol, insuficiencia hepática y anticonvulsivantes.

Clínica: nódulo plantar de localización en tercio medio del arco medial del pie (Patognomónico), doloroso con la marcha, no adherencias a estructuras adyacentes

Como tratamiento se ha propuesto: infiltración con glucocorticoides, ondas de choque, pero la cirugía es el de primera elección.

Conclusiones. La Enfermedad de Ledderhose debe considerarse en el diagnóstico diferencial del dolor plantar del deportista, tratamientos como la infiltración con medicamentos inmunomoduladores deben ser considerados en su tratamiento.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.010>

Valores encontrados en electrocardiogramas en niños futbolistas de una escuela de fútbol



R.M. Yang Lai^a, R.A. Centeno-Prada^b,
JdD. Beas-Jiménez^b, C. García-Antúnez^b

^a Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad de Cádiz

^b Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla

Introducción. El electrocardiograma (ECG) es el método de elección para el diagnóstico no invasivo de las patologías cardíacas, siendo una prueba fácil de realizar, rápida, barata y de fácil acceso para el personal médico deportivo. No existen en nuestro medio valores normales de los datos electrocardiográficos realizados en niños futbolistas.

Objetivo. Describir los hallazgos electrocardiográficos encontrados en una población de niños futbolistas.

Método. Durante la temporada 2013-14, fueron realizados reconocimientos médicos a los niños de la Escuela de Fútbol "Antonio Puerta" del "Sevilla F.C." A todos se les realizó un reconocimiento completo médico deportivo consistente en una anamnesis completa familiar e individual, una exploración de todos los sistemas incluido el aparato locomotor y un ECG de reposo de 12 derivaciones, que fue realizado en reposo, en las mismas condiciones basales a todos los niños.

Resultados. Fueron analizados 51 futbolistas, varones, con una edad media de 8.02 ± 2.10 años, peso medio de 31.83 ± 10.20 kgs y una talla de 130.93 ± 12.53 cms.

Los resultados del ECG se muestran en la siguiente tabla:

	Frecuencia cardíaca (lpm)	Onda P (ms)	PR (ms)	Eje QRS	QRS (ms)	Q (mm)	T (mm)	QT (ms)	QTc (ms)	Sokolov (mm)
Media	79,94	76,73	0,12	59,00	93,38	3,52	7,62	349,15	399,60	36,86
Desv. Stand	12,17	8,27	0,02	22,29	10,15	2,70	2,23	25,20	20,25	9,48

Además, el 64% de los sujetos mostraron criterios de bloqueo auriculoventricular de primer grado, un 48% de bloqueo incompleto de rama derecha, y el 28% el índice de Sokolow fue ≥ 35 mm siendo normal la duración del QRS. Estos hallazgos se relacionan con inmadurez del corazón y no con patologías, lo que hace necesario un seguimiento evolutivo del ECG del joven deportista.

Conclusiones. Son frecuentes signos de inmadurez en el ECG del niño deportista, por lo que se hace necesario un seguimiento del mismo.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.011>

Pie doloroso infantil. Posibilidad de una osteocondrosis



J.C. Moscoso-Prieto^a, M.A. Mesa-Alcocer^b

^a Servicio de Medicina Física y Rehabilitación. Hospital Virgen Macarena. Sevilla

^b Complejo Hospitalario Ciudad de Huelva

Introducción. La osteocondrosis del pie hace referencia a un conjunto de patologías cuya causa común es la afectación isquémica del hueso joven, en crecimiento, en su centro de osificación. Es autolimitada y afecta a las apófisis, epífisis y huesos cortos del hueso inmaduro. El hueso en crecimiento tiene menor capacidad de respuesta para soportar microtraumatismos reiterados que comprometen la circulación y secundariamente ocasionan la lesión isquémica. Tienen evolución benigna. Aparecen entre los 3 y 18 años de edad. En función de la localización, las enfermedades por osteocondrosis de los huesos del pie, reciben diferentes denominaciones (Astrágalo: Mouchet, calcáneo: Sever, escafoides: Köhler, 1.ª cuña: Buschke, base del 5º MTT: Iselin, Cabeza 2º y 3.º MTT: Freiberg, Sesamoideos: Renander, epífisis falanges: Thiemann).

Objetivo. Describir el caso de un varón de 7 años con cojera de 3 meses de evolución con dolor e inflamación en la región dorsal del mediopié derecho. Entrena 3 veces por semana al fútbol más el partido del fin de semana.

Método. Al sujeto se le realizó una anamnesis familiar y personal, una exploración física detallada y una RX dorso-plantar AP y lateral junto con una RMN como prueba complementaria.

Resultados.

- Anamnesis: Varón de 7 años, derivado desde atención primaria por su pediatra por pies cavos y cojera. La madre refiere dolor e inflamación en el pie derecho desde hace 3 meses.
- Antecedentes familiares y personales: sin interés.
- Exploración física: Presenta una huella plantar que obedece a pies cavos grado I-II bilateral. No zonas de hiperqueratosis. Retropié valgo. Signos inflamatorios en mediopié. Edema y dolor en escafoides tarsal y cuña medial del pie derecho. Marcha sin claudicación. Exploración del raquis y resto de miembros inferiores sin hallazgos de interés.
- Pruebas complementarias: Rx Dorsoplantar y lateral de ambos pies en descarga: aplanamiento antero-posterior, aumentos parcheados de densidad y zonas de fragmentación en escafoides tarsal derecho. Impresiona la forma de "moneda" con aumento de densidad del escafoides derecho. Distancia entre el astrágalo y la cuña se mantiene constante.
- Diagnóstico: Osteocondritis escafoides tarsal (Enfermedad de Köhler).

f) Plan de tratamiento. Consistió en: 1. Observación evolutiva con reposo moderado según la clínica, y 2. RNM: si no cede a los 4-5 meses de evolución.

Conclusiones. En la práctica médica habitual, debemos realizar siempre una exploración clínica adecuada para así poder efectuar una orientación diagnóstica correcta.

En niños y adultos jóvenes con cojera y discreto dolor en pie, el diagnóstico diferencial del dolor óseo, que produce impotencia funcional o no, incluye las osteocondritis, dado que pueden ser confundidas con fracturas, osteomielitis subaguda, artritis séptica o tumores.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.012>

Estrés oxidativo en judokas de élite tras realizar un test específico



C. Casals, R. Escobar-Molina, Y. Barranco-Ruiz, E. Franchini, V. Carratalá, J.R. Huertas

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Centro de Investigaciones Biomédicas. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Granada

Introducción. El judo es un deporte de combate con categorías de peso, por lo que el sistema antioxidante de los judokas puede verse comprometido debido a las disminuciones bruscas de peso antes de la competición. Por ello, la evaluación del estrés oxidativo, en respuesta a esfuerzos máximos, puede ser útil para detectar alteraciones en el sistema antioxidante que afecten tanto a la salud como al rendimiento del judoka.

Objetivo. Determinar el estrés oxidativo frente a una prueba de esfuerzo máxima específica de judo en deportistas mujeres de élite.

Método. Diez mujeres seniors de la Selección Española de Judo realizaron el Special Judo Fitness Test (SJFT) en el periodo competitivo. El SJFT tiene 3 fases (15-30-30 s, con 10 s de recuperación) donde el judoka debe realizar el máximo número de derribos, aplicando ippon-seoi-nage, a dos compañeros separados por 6 m. Para el análisis de hidroperóxidos y alfa-tocoferol plasmáticos, se extrajeron muestras de sangre en reposo y 15 min tras finalizar el test. Las diferencias entre ambos momentos se contrastaron con una t de Student para muestras apareadas tras comprobar la normalidad con el test de Shapiro-Wilk (SPSS para Windows). Los resultados se expresan como media \pm error estándar de la media.

Resultados. Las concentraciones de hidroperóxidos fueron similares en reposo y tras el test ($-0,61 \pm 0,35$ nmol/mol, (IC 95%: $-1,42$; $0,19$, $p = 0,12$). El alfa-tocoferol disminuyó $3,20 \pm 3,02$ nmol/ml tras realizar el test sin diferencias significativas (IC 95%: $-3,62$; $10,03$, $p = 0,32$).

Conclusiones. Las judokas de élite realizaron el SJFT sin un incremento de la peroxidación lipídica, por lo que su sistema antioxidante parece capaz de prevenir el estrés oxidativo inducido por un esfuerzo intermitente de alta intensidad, y no parece necesario ajustar su ingesta vitamínica. La rápida movilización de antioxidantes plasmáticos frente al esfuerzo máximo posiblemente sea consecuencia de las adaptaciones producidas por el entrenamiento prolongado de judo.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.013>

El análisis biomecánico de la técnica de remo como herramienta de predicción del riesgo de lesión de fractura costal



C. López López^a, C. García Antúnez^a,
JdD. Beas-Jiménez^a, J. Ribas Serna^b

^a Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla
^b Departamento de Fisiología Médica y Biofísica.
Facultad de Medicina. Universidad de Sevilla

Introducción. La fractura costal de estrés supone el 10% de las lesiones en los remeros. Existen distintas hipótesis del mecanismo de lesión, entre ellas el uso de una estrategia motora secuencial al inicio de la pasada.

Objetivo. El principal objetivo fue analizar biomecánicamente el patrón de movimiento de remeros de élite del Equipo Nacional de la Selección Española de Remo, para valorar si existe riesgo potencial de desarrollar fractura costal de estrés.

Método. 17 remeros de élite (16 sin historial previo de lesión, 1 anteriormente lesionado) realizaron dos test en ergómetro, a 26 y a 30 paladas por minuto (ppm). Mediante videografía digital 3D se calculó la velocidad media del sillín y de la empuñadura (V_s , V_e) en los 60 ms iniciales, así como la velocidad media relativa sillín-empuñadura (V_{se}).

Resultados. Se encontraron valores de V_{se} fuera del rango considerado de riesgo, tanto en el test de 26 ppm como en el de 30 ppm ($26 \text{ ppm: } V_{se} \text{ (m/s)} = [-0.13, 0.01]$; $30 \text{ ppm: } V_{se} \text{ (m/s)} = [-0.18, 0.03]$; riesgo: $V_{se} \text{ (m/s)} = [0.00, 0.47]$). El remero con antecedentes de fractura costal se encontraba fuera de la zona de riesgo. En cambio, un remero sin antecedentes previos de lesión se halló dentro del intervalo de riesgo.

Conclusión. El análisis mediante videografía digital 3D del patrón de movimiento en remeros permite valorar si la técnica de remo supone un riesgo para el desarrollo de fractura costal de estrés y se hacen necesarios estudios de seguimiento a medio plazo para dilucidar el papel preventivo de este test dentro del programa de cuidado de la salud del remero.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.014>

Efecto de un programa de actividad física, sobre los indicadores de salud en clarinetistas



C. Gallego-Cerveró, J. Martín-Ruiz, L. Ruiz-Sanchís,
J. Pérez-Pérez

Universidad Católica De Valencia "San Vicente
Mártir"

Introducción. Los músicos sufren lesiones asociadas a la práctica instrumental por la adopción de posiciones lesivas o la falta de condición física que pueden prevenirse con la aplicación de programas de ejercicios individualizados.

Pocos son los artículos encontrados sobre intervenciones en músicos, se destaca el realizado por Chan, Driscoll, y Ackermann (2014), que propone un programa de ejercicios de 12 semanas a través de un DVD obteniendo mejoras en la condición física, pero no en la percepción del esfuerzo.

Objetivos. Identificar las dolencias más comunes en clarinetistas, con una prueba preactiva, y así determinar una batería de ejercicios adecuados a la incidencia lesional.

Evaluar la incidencia de un programa de ejercicios específicos para clarinetistas, seleccionando pruebas de evaluación y control no invasivas, que permitan conocer los cambios músculo-articulares que se producen.

Método. La investigación se ha propuesto a 10 clarinetistas con $19,7 \pm 7,46$ años de experiencia. Debían realizar un programa de

ejercicios específicos 3 veces por semana de manera autónoma durante 2 meses. Además, completaron escalas numéricas para valorar la percepción del esfuerzo de la sesión y el dolor muscular. Para conocer si se producían mejoras posturales, se utilizó el test de Langlade (1991) al iniciar y finalizar el programa.

Resultados. Se ha producido una disminución del dolor percibido ($p < 0,001$), y cambios en la zona dorsal ($p = 0,001$). Se acepta la relación entre los cambios en la cintura escapular y la escala de dolor en la posición correcta de los omóplatos con una correlación de 0,582.

Conclusiones. Puede afirmarse que se han producido cambios significativos en la postura corporal de los clarinetistas y en los valores en la escala de dolor, por lo que no se puede descartar que la mejora de la postura corporal en clarinetistas, disminuya el dolor muscular en la zona dorsal.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.015>

Electromiografía como método de estimación del umbral anaeróbico en pruebas de fuerza máxima



J. Aragón^a, C. Casals^a, Y. Barranco-Ruiz^{a,b},
L. Fontana^a, J.R. Huertas^a

^a Instituto de nutrición y Tecnología de los alimentos,
"José Mataix Verdú". Universidad de Granada.
España

^b Departamento de Cultura Física, Facultad de
Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de
Chimborazo Riobamba. Ecuador

Objetivo. Verificar si la electromiografía puede ser una herramienta útil para detectar el umbral anaeróbico en grupos musculares individuales, en los que las técnicas clásicas como frecuencia cardiaca y lactato, no son aplicables.

Método. 10 atletas voluntarios ($22,8 \pm 0,9$ años) y habituados al gesto deportivo evaluado (Press Banca), fueron reclutados para este estudio. Tras un periodo de familiarización de una semana, los participantes realizaron un test de fuerza máxima incremental (Pórtico guiado Smith). Se efectuaron 5 intensidades incrementales (20%, 40%, 60%, 80% y 100% de su 1 RM) dejando 3 minutos de descanso entre las cuatro primeras y 5 entre las dos últimas. Para las cuatro primeras cargas se practicaron 5 repeticiones con una cadencia de 5 segundos. Se registró la señal electromiográfica (EMG) de deltoides, pectoral, dorsal y tríceps del lado derecho mediante un equipo "BagnoliTM Desktop EMG Systems (Massachusetts, Natick)". Para el cálculo del RMS (área) en cada una de las cargas, se tomó la media de las 3 repeticiones centrales. La frecuencia cardiaca se monitorizó con pulsómetros Polar (Team 2 Pro, Kempele, Finlandia) y se analizó lactato en la yema de los dedos con Lactate Pro (Carlton, Australia). Los datos se expresan como medias \pm error estándar de la media (SEM). Los análisis estadísticos se realizaron mediante un ANOVA de un factor con el programa SPSS. (SPSS Institute, Inc., Chicago, IL, EE.UU.).

Resultados. Como era de esperar, tanto frecuencia cardiaca como la concentración de lactato, no sufrieron variaciones para ninguna de las cargas, manteniéndose en valores estables y relativamente bajos. Sin embargo, los valores de RMS de los cuatro grupos musculares estudiados, sufren un punto de inflexión en el rango del 80% de 1RM y que probablemente estaría relacionado con su umbral anaeróbico.

Conclusiones. Nuestros resultados demuestran que el registro de la señal electromiográfica podría ser de gran utilidad para estimar el umbral anaeróbico de grupos musculares individuales con la ventaja añadida de ser una técnica no invasiva. No obstante se

requieren más investigaciones para confirmar que este punto de inflexión observado en el patrón temporal de RMS, coincide con el umbral metabólico para dichos grupos musculares.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.016>

Diferencias entre el consumo de alimentos y nutrientes de población deportista y no deportista de Lorca



J.A. Latorre^a, N. Giménez-Blasi^a,
M. Martínez-Bebía^a, J.J. Areñse^b,
M. Mariscal-Arcas^a

^a Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología. Universidad de Murcia

^b Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Murcia

Introducción. Una nutrición correcta contribuye a optimizar la utilización y reposición de nutrientes del organismo. Este hecho que ya resulta importante para población general, tiene un enorme interés en el mundo del deporte. En este sentido habría esperar ciertas diferencias entre los consumos de alimentos y, por tanto, de nutrientes entre dos muestras de población lorquina: una físicamente activa y otra sedentaria.

Objetivo. Identificar diferencias entre las ingestas de la muestra activa y la muestra sedentaria de población.

Método. La población estudiada se compuso de 120 sujetos (21-80 años), (30% Hombres y 70% mujeres). Se declaró la ingesta de alimentos de 3 días mediante recuerdo de 24 horas (R24 h) y la práctica de ejercicio y se estimó la ingesta de nutrientes y el porcentaje de ajuste a las recomendaciones (OMS).

Resultados. El consumo de cereales de desayuno de los activos fue de 8,08 g/día frente al 1,83 g/día de los sedentarios. El de coliflor fue de 13,53 g/día frente al 6,20 g/día de los sedentarios. El consumo de lentejas fue de 5,12 g/día para los activos y de 9,77 g/día para los sedentarios. En cuanto a los nutrientes, el consumo de sodio fue de 180,17% IDR para los deportistas frente a 269,03% IDR para los sedentarios y el de colesterol fue de 254,12 mg/día para los deportistas y de 312,81 mg/día para los sedentarios.

Conclusiones. No encontramos diferencias estadísticamente significativas entre las ingestas de alimentos de la población activa y la sedentaria, excepto para los cereales de desayuno y coliflor, consumidos en mayor medida por los activos, y las lentejas, con ingestas superiores para los sedentarios. Tampoco encontramos diferencias significativas entre ambas muestras para los nutrientes, con excepción del sodio, más consumido por la muestra activa y el colesterol, más consumido por los sedentarios.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.017>

Estudios del perfil bioquímico de jugadores de fútbol profesional



A. Fernández-Gere^a, M.A. Barcos-Molina^c,
J.A. Latorre^b, M. Martínez-Bebía^b,
M. Mariscal-Arcas^{a,b}

^a Servicios Médicos Granada CF

^b Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología. Universidad de Murcia

^c Hospital Virgen de las Nieves. Granada

Introducción. El reconocimiento médico previo a los fichajes de los futbolistas profesionales de un equipo de fútbol es un acto médico que conlleva una gran responsabilidad médica y a la vez tiene gran trascendencia tanto económica como mediática. Es por

ello que los médicos especialistas en medicina del deporte se rigen por un protocolo de estudio amplio, consensado por la Asociación Española de Médicos de Equipos de Fútbol (AEMEF), con el objeto de valorar si las condiciones de salud y rendimiento físico son aptas para la práctica del fútbol profesional de élite. De entre todas las pruebas complementarias que se realizan en el reconocimiento médico deportivo la analítica es una de las principales pruebas que se realiza al inicio de pretemporada, en Julio y posteriormente con cierta periodicidad para el control del entrenamiento. Los parámetros bioquímicos obtenidos serán referencia del seguimiento hematológico a lo largo de la temporada. Además de los perfiles bioquímicos, se realiza hemograma y estudio serológico de determinadas enfermedades infectocontagiosas.

Objetivo. Comparar el perfil bioquímico de jugadores de fútbol de primera división al comienzo y fin de la pretemporada 2014/2015.

Método. La muestra está formada por 30 jugadores de fútbol profesional. Para el análisis descriptivo de los diferentes parámetros de estudio se han medido parámetros circulatorios y bioquímicos mediante una analítica de sangre. Se realiza la extracción de sangre venosa del brazo izquierdo de cada jugador, en las instalaciones del Servicio Médico del Granada CF, en el Estadio Nuevo Los Cármenes al comenzar la pretemporada y al finalizarla. Las muestras son derivadas con un intervalo de 30 minutos desde la última extracción al laboratorio de análisis clínico del Hospital Nuestra Señora de la Salud Vithas.

Resultados. Los valores medios obtenidos en la primera y segunda analítica respectivamente fueron de 321.30 U/L (DE: 355.55) y 503.73 U/L (DE: 445.98) para la CK, 184.86 mg/dL (DE: 32.17) y 177.32 mg/dL (DE: 28.30) para el colesterol, 62.70 mg/dL (DE: 11.17) y 61.5 mg/dL (DE: 12.88) para la HDL, 106.26 mg/dL (DE: 26.40) y 104.64 mg/dL (DE: 27.50) para la LDL, 24.28 U/L (DE: 10.38) y 31.20 U/L (DE: 10.96) para GOT, 23.34 U/L (DE: 16.46) y 23.38 U/L (DE: 11.56) para GPT, 26.78 U/L (DE: 12.80) y 22.94 U/L (DE: 11.40) para GGT, 36.00 mg/dL (DE: 5.88) y 37.32 mg/dL (DE: 0.07) para la urea, 1.13 mg/dL (DE: 0.13) y 1.10 mg/dL (DE: 0.14) para la creatinina, 107.32 ug/dL (DE: 44.11) y 105.35 ug/dL (DE: 38.37) para el hierro sérico.

Conclusiones. Los resultados obtenidos en las diferentes analíticas al comienzo y fin de la pretemporada muestran diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para los valores de hemáties, leucocitos, glucosa, sodio, magnesio, GOT, TIBC y transferrina.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.018>

Ingesta de colesterol y ácidos grasos en deportistas murcianos



B. García^a, J.A. Latorre^a, N. Giménez-Blasi^a,
M. Martínez-Bebía^a, C. Monteagudo^b,
F. Olea-Serrano^b, M. Mariscal-Arcas^{a,b}

^a Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología. Universidad de Murcia

^b Grupo de Investigación AGR255, Dpt. de Nutrición y Bromatología. Universidad de Granada

Introducción. Las lipoproteínas son moléculas de vital importancia en el metabolismo humano, pero en plasma sanguíneo, el aumento de la mayoría o la disminución de algunas, está directamente relacionado con el desarrollo de enfermedad cardiovascular, primera causa de muerte en el mundo industrializado. En la clínica, la medida del colesterol nos informa acerca de la salud de las arterias. A su vez conocemos las propiedades inflamatorias y antiinflamatorias de algunos ácidos Grasos (AG).

Objetivo. Conocer el contenido de colesterol de la dieta de deportistas murcianos así como el de AG predominantes de la dieta.

Tabla 1

Resultados del análisis de la dieta. AGM (Ácidos Grasos Monoinsaturados), AGP (Ácidos Grasos Poliinsaturados), AGS (Ácidos Grasos Saturados)

Deporte	Media	DE	p
Colesterol			
FÚTBOL	336.74	123.73	0.001
DEPORTES ACUÁTICOS	455.90	193.61	
DEPORTES DE LUCHA	285.72	126.24	
VOLEYBOL	355.33	109.50	
TRIATLÓN	518.27	140.37	
BILLAR	348.80	101.66	
GYM	304.92	132.54	
MULTIDEPORTE	291.55	123.09	
GIMNASIA RÍTMICA	310.50	86.19	
RUGBY	347.76	149.75	
AGM			
FÚTBOL	40.26	13.36	0.001
DEPORTES ACUÁTICOS	49.78	18.28	
DEPORTES DE LUCHA	29.14	11.60	
VOLEYBOL	51.80	15.34	
TRIATLÓN	72.52	12.73	
BILLAR	53.39	16.19	
GIM	36.97	12.06	
MULTIDEPORTE	37.75	12.62	
GIMNASIA RÍTMICA	32.05	6.96	
RUGBY	39.57	18.36	
AGP			
FÚTBOL	11.13	4.10	0.001
DEPORTES ACUÁTICOS	14.31	5.08	
DEPORTES DE LUCHA	8.76	2.98	
VOLEYBOL	16.01	5.12	
TRIATLÓN	22.08	5.55	
BILLAR	14.94	5.44	
GIM	11.17	3.31	
MULTIDEPORTE	11.30	4.08	
GIMNASIA RÍTMICA	10.20	2.81	
RUGBY	11.03	4.57	
AGS			
FÚTBOL	30.40	10.42	0.001
DEPORTES ACUÁTICOS	32.45	12.16	
DEPORTES DE LUCHA	21.28	9.68	
VOLEYBOL	33.76	11.30	
TRIATLÓN	59.10	16.76	
BILLAR	33.21	8.06	
GIM	23.90	10.31	
MULTIDEPORTE	23.31	6.72	
GIMNASIA RÍTMICA	23.10	7.78	
RUGBY	29.71	14.16	

Método. La población se ha reclutado entre deportistas federados de la región de Murcia con un total de 278 deportistas murcianos (86.1% hombres y 13.9% mujeres). Edad media 17.27 años (DE: 8.58), peso medio 58.12 kg (DE: 19.32), talla media 161.92 cm (DE: 16.16) e IMC medio 21.44 kg/m² (DE: 3.82). Se usó un cuestionario de recuerdo de 24 horas que recoge, los alimentos que durante 3 días completos han sido consumidos por los sujetos. Se usaron los programas informáticos Dial-Diet 3.0 y programa estadístico SPSS v.19.0.

Resultados. Tabla 1

Conclusiones. Los valores más elevados de colesterol en dieta se han visto en deportistas de triatlón, seguidos de deportes de agua, mientras que los niveles más bajos han sido en gimnasia rítmica. Por otro lado, la media del consumo de grasas poliinsaturadas en todos los deportistas, está por debajo de las recomendaciones, algo que debería corregirse. Los AGM son los predominantes en la dieta.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.019>

Hábitos nutricionales de adolescentes españoles esquiadores y no esquiadores



M. Mariscal-Arcas^{a,b}, C. Monteagudo^a, D. Ibáñez^a, L. Heras^a, M.L. Lorenzo^a, F. Olea-Serrano^a

^a Departamento Nutrición y Bromatología, Grupo de Investigación Nutrición, Dieta y Evaluación de Riesgos (AGR-255). Universidad de Granada

^b Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Ciencia de los alimentos, Universidad de Murcia

Introducción. El aumento de la obesidad entre los adolescentes en países desarrollados puede ser consecuencia de malos hábitos alimentarios y falta de actividad.

Objetivo. Determinar las diferencias en la ingesta de alimentos, hábitos nutricionales e índice de masa corporal entre adolescentes españoles que practican esquí y los que no lo hacen.

Método. Una muestra de 300 adolescentes españoles de 10 a 18 años completaron una encuesta que incluyó variables sociodemográficas, un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, recordatorio de 24 h y un cuestionario de actividad física. Se utilizaron test de comparación paramétricos y no paramétricos para comparar los resultados entre adolescentes que practican (SP) y no practican (N-SP) esquí, en función al sexo.

Resultados. Los adolescentes SP dedicaron más de 4 h diarias a la realización de actividad física mientras que los adolescentes N-SP dedicaron menos de 1 hora diaria a la actividad física. No se encontraron diferencias significativas en la ingesta de nutrientes o los hábitos nutricionales entre adolescentes SP y N-SP. La ingesta de proteínas y lípidos de ambos grupos estuvo por encima de los niveles recomendados. El sobrepeso fue más frecuente entre adolescentes N-SP. El análisis de regresión logística mostró que el mantenimiento de un peso normal se ve favorecido por la práctica del esquí, el consumo de bebidas sin azúcar y la suplementación con vitaminas/minerales y se asoció negativamente con la insatisfacción con el peso corporal, el consumo de suplementos nutricionales distintos a vitaminas o minerales y el consumo de aperitivos.

Conclusiones. La dieta de esta población adolescente fue desequilibrada. La participación en la actividad física parece ser un factor clave en el mantenimiento de un índice de masa corporal saludable.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.020>

Comparación de la electromiografía superficial en el ejercicio de press de banca mediante el uso de Electroestimulación Eléctrica en el test de una Repetición Máxima. Estudio piloto



D. Morant-Arilla, J. Martín-Ruiz, C. Gallego-Cerveró, I. Tamarit-Grancha, J. Pérez-Pérez

Universidad Católica De Valencia "San Vicente Mártir"

Introducción. En la actualidad, existen nuevos métodos de entrenamiento que posibilitan la activación muscular exógena. La electroestimulación eléctrica (EEM), genera un impulso externo que sustituye al generado por el sistema nervioso central (SNC).

En el presente trabajo, se ha estudiado el grado de activación que se produce mediante la utilización de este recurso, en el test de 1-RM durante la realización del ejercicio de press banca, empleado en la mayoría de programas de ejercicio.

Objetivo. Comparar la activación muscular y diferenciar la participación muscular con y sin el uso de EEM mediante Compex[®] en la realización de 1-RM en el ejercicio de press banca.

Método. La muestra contó con 7 varones de entre 22 y 38 años de edad, con al menos 1 año de experiencia en el entrenamiento de fuerza. Los grupos musculares donde se aplicó dicha EEM fueron el deltoides clavicular y el pectoral mayor. Tanto con el tríceps braquial como con los anteriores, se empleó la electromiografía de superficie (SEMG).

Se realizaron dos sesiones separadas una semana, dividiendo la muestra en dos grupos de forma contrabalanceada. El mismo protocolo en ambas; a una de las sesiones se le añadía la EEM en la máxima contracción voluntaria isométrica en el test 1-RM (fase concéntrica) y a continuación se aplicó el mismo sistema sin aplicar dicha EEM durante la segunda sesión.

Resultados. Se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el incremento de actividad muscular entre sesiones y músculos. Se detectó una posible transferencia entre los grupos musculares agonistas estimulados (pectoral y deltoides) con el tríceps.

Conclusiones. La EEM mejora la activación muscular en el momento previo, durante y posterior de la contracción, por el contrario este estímulo no es suficiente para mejorar la cantidad de carga movilizada.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.021>



Comunicaciones orales presentadas en el I Congreso Nacional de Investigación en Pádel (CIP 2015) 5 y 6 de Marzo 2015. Granada



Valoración de los hábitos de vida saludables en jugadores de pádel

E. Parrón Sevilla^{a,b,c}, T. Nestares Pleguezuelo^{a,b},
C. De Teresa Galván^{a,c}

^a Departamento Fisiología, Facultad de Farmacia,
Universidad de Granada

^b Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos
"José Mataix", Universidad de Granada

^c Centro Andaluz de Medicina del Deporte, Granada

Palabras clave: Deportes de raqueta; Hábitos; Vida saludable; Rendimiento

Objetivo. Existe una relación significativa entre la realización de actividades físico-deportivas y la adquisición de otros hábitos de vida saludables y cada vez se asocia más la práctica continuada de las mismas a una mayor competencia física, mental y social y una mejor percepción del estado de salud. Dado el auge en la práctica del pádel, consideramos de gran interés describir los hábitos de vida de sus jugadores, así como aquellos aspectos que pueden influir en su rendimiento deportivo.

Método. En el estudio han participado 416 jugadores de pádel no profesional (128 mujeres y 288 varones) de entre 9 y 66 años, pertenecientes a seis instalaciones deportivas del Poniente Almeriense (Andalucía, España), con una media de 14.6 años de bagaje deportivo y 4.4 años en pádel. Previo consentimiento informado, se valoró mediante encuesta validada la antropometría, hábitos de consumo de alimentos y tóxicos, preparación física, lesiones osteomusculares y aspectos psicosociales. Los datos recogidos se procesaron con el programa estadístico SPSS 20.0.

Resultados. Los deportistas estudiados presentan un Índice de Masa Corporal alto (24.5 de media), cerca del sobrepeso, según la OMS. En cuanto al hábito de consumo de alimentos y tóxicos, el 74.6% no fuma y el 50.6% no bebe alcohol, pero tan solo el 12% cumple con las recomendaciones de la pirámide de alimentación, el 18.8% distribuye la ingesta diaria calórica correctamente, el 43% no toma ninguna fruta o verdura y el 48.6% no bebe los 1.5 litros de agua diarios recomendados. Respecto a la preparación física y lesiones, solo el 29.3% hacen ejercicios de movilidad articular, estiran el 15.9% y el 8.9% realizan un trabajo específico de fuerza.



Presentan lesión en alguna zona del cuerpo el 54.3%. Como aspectos psicosociales, el 78% se considera alegre y positivo, compite el 93.8% y el 80% ve el deporte como parte del progreso personal.

Conclusiones. El estudio, pone de manifiesto, la necesidad de adoptar unos hábitos de vida saludables para la mejora del rendimiento deportivo y la salud en grupos de población ya considerados como físicamente activos. El hecho de que este grupo de población practique el pádel, no debe ser considerado como un hábito suficiente para mantener un buen estado de salud, sino que debe complementarse con una adecuada nutrición y práctica de ejercicio.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.002>

Effects of lumbar motor control exercises in paddle-tennis players



R. Castillo-Lozano

Lecturer, Physiotherapy Department at University of
Osuna, Seville, Spain

Keywords: Injury prevention; Racquet-sport; Physiotherapy;
Low back pain

Objective. To establish the effects of lumbar motor-control training using the model of activation of transversus abdominis, posterior fibers of the psoas major and lumbar multifidus in paddle-tennis players with Low Back Pain (LBP).

Method. The sample was composed of 62 active paddle-tennis players with LBP; with a mean age of 34.8±9.2 years and 1.76±0.07 m, 73.1±13.4 kg and an average playtime of 8.2±6.3 years. The 35.5% played at the right position; 53.2% over the medium level, 90.3% were right-hand and 71% were federated. Using the form of an experimental pre-post-test design were randomly assigned in 2 groups: Experimental group (N = 31, 34.2±9.4 years; 16 hombres, 15 mujeres) and a comparison group (N = 31; 35.4±9.1 years; 16 hombres, 15 mujeres). The amount of paddle-tennis training was the same in both groups: 6 weeks; 3 times/week for 2 hours/session. Furthermore, the experimental group performed a motor control training after each session. The selective activation of the transversus abdominis, posterior fibers of the psoas major was the main focus of the intervention, with the intent of improving its stabilising core function, especially within the lumbar region, via increased

tension of the thoracolumbar fascia. The tests to compare each pre-post-test group were: Modified Star Excursion Balance Test (SEBT); Sit and Reach Test (SRT); Schober Test (ST) and Visual Analogous Scale (VAS).

Results. The results show that the main predictors of LBP were age (area-under-the-curve, AUC=0.943), height (AUC=0.912), weight (AUC=0.994), time of play (AUC=0.904) and level (AUC=0.895). Also we found a statistically significant improvement in the experimental group respect to the control group; being that there was an increase SEBT reach distances (anterior $p<0.001$; lateral $p<0.001$; and medial $p<0.001$), increased SRT ($p<0.001$); increased ST ($p<0.004$) and a decrease in pain ($p = 0.003$). In the control group there were no statistically significant changes.

Conclusions. Paddle-tennis creates specific demands on the low back that can cause chronic lumbar pain. In the experimental group, the lumbar spine flexibility and pelvic tilt range of motion increased; improved balance and reach distances; and decreased pain. These results provides new and valuable insights to create preventive programmes, and it confirms the usefulness of integrating the new form of intervention into existing multimodal back therapy training concepts, taking into account the main predictors of LBP.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.003>

Perfil condicional de jugadoras de pádel de élite

C. Castellar^a, F. Pradas^a, A. Quintas^a, S. Arraco^b, J. Blas Pérez^c



^a Departamento de Expresión Musical, Plástica y Corporal, Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza, España

^b Centro de Medicina del Deporte del Gobierno de Aragón, España

^c Departamento de Medicina, Psiquiatría y Dermatología, Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza, España

Palabras clave: Deportes de raqueta; Elite; Rendimiento; Condición física

Objetivo. El pádel es una disciplina deportiva que se efectúa en pareja y se caracteriza por la continua ejecución de complejas acciones técnico-tácticas. Su juego se desarrolla en una pista cerrada mediante unos muros laterales y de fondo contra los que se permite su juego. Los jugadores, como consecuencia del entrenamiento y la competición, desarrollan a lo largo de los años unas capacidades físicas y fisiológicas específicas. El objetivo de este estudio ha sido describir el perfil físico de jugadoras de pádel.

Método. 16 jugadoras de alto nivel participaron de manera voluntaria en el estudio. Las deportistas fueron sometidas a una batería de pruebas físicas para evaluar la fuerza del tren inferior (salto con contramovimiento (CMJ) y squat (SJ)), la fuerza de prensión manual (FPM), el tiempo de reacción (TR) y el tiempo de desplazamiento lateral (TDL).

Resultados. La altura de los saltos fue de 23.7 ± 4.7 cm para el CMJ y 21.4 ± 4.5 cm para el SJ. La FPM registró unos valores de 333.8 ± 56.1 N para el brazo dominante y 271.5 ± 34.9 N para el no dominante. El TR fue de 0.65 ± 0.14 ms y de 0.65 ± 0.18 ms para el lado no dominante (LND) y dominante (LD) respectivamente. El TDL fue de 2.24 ± 0.16 ms para el LND y 2.29 ± 0.28 ms para el LD.

Conclusiones. La altura de los saltos alcanza registros inferiores a los obtenidos en otros deportes de raqueta y pala como el bádminton, tenis y tenis de mesa. Sin embargo, estos resultados se invierten para la fuerza máxima del tren superior. La velocidad de desplazamiento lateral de las jugadoras de pádel y el TR es

mayor a la registrada por jóvenes jugadores de tenis de mesa. El perfil condicional analizado nos informa con exactitud sobre los requerimientos físicos de esta disciplina deportiva, permitiéndonos individualizar adecuadamente los métodos y medios de entrenamiento necesarios para optimizar el rendimiento. Esta valoración es necesaria para poder acometer, con garantías de éxito, una evaluación e interpretación del rendimiento en el pádel, así como en diferentes momentos de la planificación deportiva y a lo largo de las distintas temporadas.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.004>

Variaciones séricas de magnitudes bioquímicas en el pádel de competición



F. Pradas^a, C. Castellar^a, S. García-Castañón^b, D. Otín^c, C. Llimiñana^b, J. Puzo^b

^a Departamento de Expresión Musical, Plástica y Corporal, Facultad de Ciencias de la Salud y el Deporte. Universidad de Zaragoza, España

^b Laboratorio de Bioquímica Clínica. Servicio de Análisis Clínicos. Hospital San Jorge de Huesca, España

^c Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza, España

Palabras clave: Metabolismo; Esfuerzo; Perfil bioquímico; Deportes de raqueta

Objetivo. Los cambios que ocurren en los músculos debido a la práctica de actividad física se reflejan en los fluidos corporales y principalmente en la sangre. Estas alteraciones pueden indicarnos si los esfuerzos realizados suponen un predominio de esfuerzos de resistencia o bien de velocidad y fuerza. En este sentido, resulta interesante evaluar las modificaciones que se producen sobre el organismo durante la práctica del pádel para conocer su efecto, ya que si la carga física es excesiva, puede aumentar el riesgo de padecer manifestaciones adversas, tanto desde el punto de vista patofisiológico como psicosomático, comprometiendo la salud del deportista. El objetivo de esta investigación es estudiar las modificaciones bioquímicas que tienen lugar durante la realización de un partido de pádel.

Método. En el estudio han participado un total de catorce jugadores de pádel de alto nivel y sexo masculino (edad: 28 ± 8 años, peso: 78.19 ± 8.86 kg y talla: 177.73 ± 4.02 cm). Se tomaron muestras de sangre mediante venopunción periférica antes y después de la disputa de un partido de competición. En ellas se determinaron veinte parámetros bioquímicos: Glucosa, Urea, Creatinina, Proteínas totales, Albúmina, Sodio, Potasio, Cloro, Calcio, Fósforo, Magnesio, Alanina Aminotransferasa (ALT), Aspartato Aminotransferasa (AST), Creatinina Quinasa (CK), Lácticodeshidrogenasa (LDH), Lipasa, Colesterol total, Colesterol HDL, Triglicéridos y Ácido úrico.

Resultados. Al comparar los resultados basales con los obtenidos al finalizar la competición se manifestó un aumento ($p<0.05$) en las concentraciones de urea (12.49%), creatinina (14.38%), albúmina (1.20%), calcio (1.16%) ácido úrico (6.75%) y CK (21.11%). Por el contrario, los niveles séricos de potasio y magnesio sufrieron una disminución ($p<0.05$) de -10.49% y -8.57%, respectivamente. El resto de variables bioquímicas analizadas no presentaron cambios estadísticamente significativos.

Conclusiones. Los cambios, en los marcadores analizados en este estudio, nos permiten esclarecer el efecto que produce la práctica del pádel sobre el organismo. Algunas concentraciones bioquímicas se ven incrementadas debido al metabolismo muscular (creatinina para la producción de energía y calcio para la

contracción muscular), a la intensidad y daño producido (CK) y al catabolismo proteico (urea). Otras sufren disminuciones debidas a la eliminación urinaria (potasio) y al equilibrio electrolítico (magnesio). Los marcadores bioquímicos analizados indican que, en el pádel masculino, se produce una situación catabólica del organismo. Su dinámica de juego, con esfuerzos prolongados de tipo intermitente y acciones cortas e intensas, parecen provocar un aumento del daño muscular agudo, como consecuencia del predominio, a nivel muscular, de un componente excéntrico localizado.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.005>

Análisis espacio-temporal de los golpes de Pádel: salida de pared, bandeja y remate por tres



C. Espino^a, A. Skiadopoulou^{a,b}, K. Gianikellis^{a,b}, V. Luis^c

^a Laboratorio Biomecánica del Movimiento Humano y de Ergonomía, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura, España

^b Grupo Investigación BioErgon, Universidad de Extremadura, España

^c Laboratorio Control Motor, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura, España

Palabras clave: deportes de raqueta; biomecánica; técnica; rendimiento

Objetivo. El avance progresivo de la profesionalización del pádel, genera la demanda de realizar estudios de la técnica deportiva, al igual que ya sucede en otros deportes de raqueta. El primer paso es el análisis de la estructura espacio-temporal con el objetivo de establecer las fases y sub-fases de la técnica deportiva en estos golpes.

Método. Se utilizaron 2 cámaras "Super Video Home System" (S-VHS) a 50 Hz para registrar 2 ejecuciones correctas de 5 jugadores de élite (2 hombres, 3 mujeres). Los vídeos fueron procesados con un equipo de fotogrametría-vídeo 3D (Kinescan, IBV). El modelo mecánico estuvo definido por 25 marcadores. Las coordenadas tridimensionales de los marcadores fueron calculadas usando el algoritmo de optimización de la Transformación Lineal Directa (del inglés: Direct Lineal Transformation, DLT). El suavizado de los datos fue realizado con "General Cross Validation Spline" (GCVSP) de 5º orden de acuerdo al criterio "True predicted mean-squared error".

Resultados. Los datos analizados permitieron estructurar los diferentes golpes en base a los pasos de ajuste realizados, de donde se definieron las siguientes fases y sub-fases*:

- Fase de Preparación (FP)
- A: 1AI – 1DD
- B: 1DD – AD
- C: AD – DI
- D: DI – 2AI
- Fase de Golpeo (FG)
- E: 2AI – 2DD
- F** : 2DD – 2DI
- H: 2DI – IMP
- Fase de Terminación (FT)
- G: IMP – TER

*1^{er} apoyo izdo. (1AI), 1^{er} despegue dcho. (1DD), apoyo dcho. (AD), despegue izdo. (DI), 2º apoyo izdo. (2AI), 2º despegue dcho. (2DD), 2º despegue izdo. (2DI) e impacto (IMP)

**solo en remate por tres

Un total de 4 secuencias de pasos fueron identificadas en la realización de la salida de pared (SP), la bandeja (B) y el remate por tres (R):

- "1DD+AD+DI+2AI" (80% SP; 56% B; 67% R)
- "1DD+DI+AD+2AI" (44% B; 33% R)
- "1DD+AD" (10% SP)
- "DI+2AI" (10% SP)

El tiempo medio empleado para la SP es de 531 ms (FP) y 369 ms (FG), en la B es de 516 ms (FP) y 264 ms (FG), en el R es de 540 ms (FP) y 386 ms (FG). Los ángulos calculados en las principales articulaciones permiten cuantificar, entre otros aspectos, la relación entre los ejes cadera-hombros y definir patrones óptimos de movimiento.

Conclusiones. La metodología de la biomecánica deportiva es imprescindible en el deporte de alto rendimiento por su incidencia sobre el proceso de aprendizaje motor de la técnica deportiva. Las relaciones causa-efecto que motiva la estructura de los patrones motores que dan lugar al juego del pádel determinan la calidad técnica de los jugadores, que tiene como objetivo golpear la pelota con la mayor velocidad y precisión posible. Para que esto ocurra, es imprescindible que se realicen correctamente las diferentes fases y sub-fases.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.006>

Estructura temporal y acciones de juego del pádel profesional: influencia del género



S. García Benítez^a, J.L. Felipe Hernández^b

^a Federación Española de Pádel

^b Universidad Europea de Madrid

Palabras clave: Deportes de raqueta; Género; Juego; Entrenamiento

Objetivo. Son pocos los estudios que han analizado la estructura temporal y las acciones de juego específicas de los jugadores profesionales de pádel. Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la estructura temporal y las acciones características del pádel profesional con el fin de conocer, en mayor profundidad, el deporte, y conocer si existen diferencias entre dicha estructura y el género de los jugadores.

Método. Se analizaron un total de 9 torneos de Pádel Pro Tour® (PPT®) de la temporada 2012, cinco de ellos de categoría masculina y 4 femenina (eligiendo únicamente las semifinales y finales de dichos torneos). La muestra quedó compuesta por un total de 26 partidos (14 categoría masculina; 12 categoría femenina) con un total de 59 sets (32 hombres; 27 mujeres). Para el análisis de la estructura temporal se analizaron variables temporales: Tiempo total partido (min); Tiempo efectivo partido (min); Tiempo set (min); Tiempo efectivo set (min); Tiempo juego (min); Tiempo efectivo juego (min); Duración punto (s); Pausa entre puntos (s); Pausa entre set (s); Nº juegos/set y Nº de puntos/juego. Además de variables de acciones de juego: Total golpes por partido; Total golpes por partido sin saque; Golpes totales por punto; Total globos por punto. Se calcularon datos descriptivos de Media (M) ± Desviación Típica (DT) de todas las variables analizadas. El estadístico T de Student para muestras independientes fue utilizado para la comparación de medias entre sexos.

Resultados. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todas las variables temporales entre hombres y mujeres exceptuando la pausa entre puntos y entre set. Los hombres disputaron puntos de menor duración que las mujeres (10.80 ± 7.70 s vs 15.80 ± 12.70 s) y presentaron un menor tiempo efectivo de partido, de set y de juego. En cuanto a las acciones de juego, se encontraron diferencias significativas en todas las variables analizadas ($p < 0.05$). Las

mujeres disputan un mayor número de golpes totales por punto que los hombres (9.71 ± 8.32 vs 7.67 ± 6.34), un mayor número de globos (2.82 ± 2.80 vs 1.1 ± 1.26) y un mayor número de golpes por punto (6.89 ± 5.84 vs 6.55 ± 5.47).

Conclusiones. Los resultados de este estudio arrojan información novedosa que permite describir la estructura temporal y las acciones de juego específicas del pádel profesional. Los datos muestran que el género influye notablemente en las variables temporales y las acciones de juego, aspecto que deberá ser tenido en cuenta por los entrenadores y preparadores a la hora de diseñar programas de entrenamiento individualizados.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.007>

Velocidad de la bola y precisión en el saque en pádel. Protocolos de registro, análisis y prospectivas



R. Menayo^a, A. Manzanares^a, C.M. Conesa^a,
A. López^{a,b}

^a Facultad de Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia, Murcia, España

^b Director de Club Pádel Murcia, Murcia, España

Palabras clave: Deportes de raqueta; Precisión; Saque; Rendimiento

Objetivo. La velocidad y la precisión son dos factores que afectan al rendimiento en numerosos deportes. Sin embargo, en pádel aún no se ha investigado dicha relación. Respecto a los resultados encontrados hasta el momento, se observa que la distancia hasta la zona de envío y sus dimensiones, el tipo de instrucción dada al jugador, su nivel de experiencia, el tipo de entrenamiento o incluso la presencia o no de adversario, pueden ser elementos que afecten a ambas variables. Así, el objetivo de este trabajo fue aplicar un protocolo de medida para el registro y análisis de la relación entre la velocidad y la precisión en el saque en pádel en condiciones dinámicas de juego.

Método. Se registró la velocidad del saque y la precisión en un jugador de pádel de nivel avanzado. La variable independiente fue el índice de dificultad de la tarea ($ID = \log_2 2 \times \text{tamaño de dianas} / \text{distancia del sacador a la diana}$), realizando saques hacia la "T" y hacia la esquina sobre dianas de 25 cm, de 35 cm y de 45 cm. Como variables dependientes se registraron la i) velocidad de la bola, mediante un radar para móviles y ii) la precisión respecto a las zonas de envío –"T" o cristal–. Para ello, se filmó a 100 hertzios el bote de la bola en la pista mediante una videocámara ubicada en posición cenital. A partir del vídeo generado se digitaliza dicho bote mediante un software de captura y se calcula el error radial. El jugador ejecutó 3 series de 10 saques aleatorizados hacia las 3 dianas, con la instrucción de golpear con primer saque, tratando de lograr la máxima precisión.

Resultados. Se ha encontrado una posible relación inversa entre el ID del saque y la velocidad. Cuando la dificultad se va incrementando, se va reduciendo la velocidad de la bola. Se ha observado también una posible relación directa entre el ID del saque y la precisión del sacador. Cuando la dificultad se va incrementando, va aumentando también la precisión. Finalmente, se aprecia una posible relación directa entre la velocidad de la bola y la precisión lograda. A medida que se va incrementando la velocidad de los saques, se va incrementando también la precisión lograda.

Conclusiones. El protocolo permite la investigación de la relación entre velocidad y precisión en el saque en pádel. En los resultados, valorados con la cautela de saber que se extraen de un sólo jugador, observamos una posible relación inversa entre la dificultad de la tarea y la velocidad de los saques. Por el contrario, se

observan relaciones directas entre la dificultad derivada del tamaño de las dianas y la precisión, así como entre ésta última y la velocidad de la bola.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.008>

Incidencia de la importancia del punto sobre variables temporales en pádel de primera categoría regional



J. Díaz, A. García, F. Grijota, J. Muñoz, D. Muñoz

Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura, España

Palabras clave: Deportes de raqueta; Punto; Tiempo de juego; Tiempo de descanso

Objetivo. A pesar de la creciente tendencia social hacia la práctica del pádel, el número de publicaciones científicas sobre este deporte es aún reducido. La mayoría están centradas en el análisis de la carga externa, dentro de la cual ha sido objeto de estudio el tiempo de juego (TJ) y tiempo de descanso (TD). El objetivo de este trabajo fue analizar como afectaban los puntos que inciden en el resultado del partido (*key moment*) sobre dichas variables temporales (TJ y TD).

Método. Fueron analizados un total de 701 puntos correspondientes a semifinales y finales de torneos federados de primera categoría extremeña. Dichos partidos fueron grabados con una cámara digital Sony a 3 metros de altura y separado del cristal de fondo a una distancia de 3 metros. Para analizar los tiempos de juego y de descanso se establecieron 3 categorías: breve, moderado y amplio, aplicando para el TD la fórmula: $[(\text{Promedio TD} \times 2) / 3]$ y para el TJ la ratio entre TJ/TD. Para estimar la asociación entre las variables, utilizamos los estadísticos Chi cuadrado (X^2) y Coeficiente Phi (ϕC) de Cramer. Por otro lado, la interpretación del grado de asociación entre las variables se realizó a través de los residuos tipificados corregidos ($|1.96|$) de las tablas de contingencia.

Resultados. Los datos analizados muestran que el TJ medio por punto fue de 12.7 ± 10.05 segundos, y de 14.9 ± 6.32 segundos para el TD, lo que supone un ratio TJ/TD de 0.84. El TJ corresponde al 45.92% del total del tiempo del partido. También se encontraron relaciones significativas ($p < 0.05$) entre el *key moment* y TD ($X^2 = 13.254$, $p = 0.001$, $\phi C = 0.135$), mientras que no parece existir relación de esta variable contextual con el tiempo de juego. El *key moment* conlleva una probabilidad mayor de lo esperado de registrar tiempos de descanso moderados y menor de lo esperado de que existan tiempos de descanso breves.

Conclusiones. En la bibliografía han sido publicados estudios acerca del TJ y TD con resultados similares a los encontrados en este trabajo, aunque no así la relación de estos variables con otras variables contextuales. Parece ser que las variables contextuales afectan en mayor medida al TD, ya que es una variable relativamente controlada por los jugadores. En este caso, utilizan mayores tiempos de descanso antes de puntos que pueden afectar al marcador (*key moment*), lo que podría estar relacionado directamente con factores fisiológicos (recuperación), tácticos y psicológicos, debido a la importancia de los puntos. Futuras líneas de investigación a partir de este trabajo pueden ir orientadas a analizar dichos beneficios y, por tanto, los motivos exactos que guían a los jugadores a actuar de esta forma.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.009>

Epidemiology and prevention strategies for the musculoskeletal injuries in the paddle-tennis senior players



R. Castillo-Lozano

Lecturer Physiotherapy Department at University of Osuna, Seville, Spain

Keywords: Injury prevention; Racquet-sport; Physiotherapy; Seniors

Objective. To describe the incidence of musculoskeletal injuries in paddle-tennis senior players.

Method. The sample was composed of 131 active paddle-tennis senior players (107 men / 24 women); with a mean age of 56.8±4.6 years [50 to 66 years] and 1.76±0.07 m, 81.3±16.44 kg and an average play time of 9.36±6.34 years. The 39.7% played at the right position; 79.4% over the medium level, 91.6% were right-hand and 62.6% were federated. Participants were asked about the injuries they had suffered during their paddle-tennis career and completed the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ).

Results. The results showed that specific joint lesions due to paddle-tennis are located mainly in the elbow (29.8%), lower back (27.5%), knee (22.9%), tennis leg (22.1%) and shoulder (20.6%).

Conclusions. Paddle-tennis creates specific demands on the musculoskeletal system of senior players, with acute injuries, such as knee sprains, being more frequent in the lower extremity while chronic overuse injuries, such as lateral epicondylitis and shoulder pain are more common in the upper extremity, and low back pain in the trunk in the senior players. The main injury risk factors observed were age, laterality and body mass index. These findings could help physiotherapists to create preventive programmes.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.010>

Entrenamiento de fuerza mediante una periodización ondulante en jugadores de pádel



J. González Castellanos

Facultad de ciencias del deporte. Universidad de Castilla la Mancha

Palabras clave: Deportes de raqueta; Fuerza; Entrenamiento; Condición física

Objetivo. El objetivo de este estudio ha sido comparar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza de 6 semanas, 3 sesiones semanales siguiendo una periodización ondulante en jugadores de pádel entrenados, analizando sus efectos sobre el tren inferior, tren superior y estabilidad del Core.

Método. Para este estudio se han reclutado un total de 16 participantes varones, divididos en dos grupos, experimental (n=8) y control (n=8), físicamente activos, 21.37±18 años de edad, 181±4.50 cm de altura, 74.87±6.10 kg de peso para el grupo experimental y 22.12±1.80 años de edad, 182.25±6.11 cm de altura, 75.25±6.96 kg de peso para el grupo control. Para cuantificar los efectos del entrenamiento en ambos grupos se realiza un pre test y un post test. Los test utilizados en el estudio han sido: test de fuerza de tren superior, en el que incluía las variables lanzamiento de balón medicinal frontal (BMF), balón medicinal derecha (BMD) y lanzamiento de balón medicinal revés (BMR), un test de fuerza del tren inferior que incluía las variables salto horizontal (SH) y salto cuádruple (SC) y un test de la estabilidad del Core que incluía las variables abdominales (ABD), plancha lateral derecha (PLD), plancha lateral izquierda (PLI) y lumbares (LUM).

Resultados. Los resultados obtenidos muestran que se han encontrado diferencias significativas entre grupos

(experimental/control), a lo largo del periodo de entrenamiento en las variables BMF, BMR, SH, SC, ABD, PLI y LUM. Las variables BMD y PLD no han mostrado diferencias significativas a lo largo del periodo de entrenamiento entre los grupos. El grupo experimental ha tenido unas mejoras del 10.66%, 10.21% y 6.27% respectivamente en las variables del tren superior. El nivel de significación ha sido P<0.05.

Conclusiones. Tras las 6 semanas de entrenamiento que han seguido los participantes del presente estudio, se han producido efectos de mejora en los niveles de fuerza y por lo tanto la condición física de los sujetos se ha visto mejorada.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.011>

Análisis de la ansiedad antes de la competición en el Campeonato de Madrid de primera categoría femenina de pádel



G. Sáez Rodríguez, M. Merino Fernández, R. Ortega Cuello, J. Acebes Sánchez

Universidad Francisco de Vitoria (UFV)

Palabras clave: Deportes de raqueta; Ansiedad; Competición; mujeres

Introducción. La ansiedad ha sido muy estudiada dentro del mundo del deporte. Se ha comprobado en trabajos anteriores que algunos fracasos en competición son debidos a un mal manejo de la ansiedad. Se puede entender la ansiedad como un estado emocional negativo que incluye sensaciones de nerviosismo, preocupación y aprensión, relacionadas con la activación del organismo, de ahí la importancia de realizar un buen trabajo psicológico en deportistas de un determinado nivel. A la hora de hablar de deporte, el componente mental (ansiedad cognitiva) tiene mucha importancia. Una situación deportiva comprende las expectativas y cogniciones negativas de éxito sobre uno mismo ante una situación, y su autoevaluación que puede originar cuatro tipos de consecuencias mentales negativas: a) preocupaciones y otros pensamientos negativos, b) imágenes desastrosas y otros problemas de autoevaluación imaginada, c) problemas de concentración y de mantener el foco de atención, d) problemas de control del cuerpo. En este estudio se analiza la ansiedad de un grupo de jugadoras participantes en el Campeonato por equipos de primera categoría de pádel de Madrid.

Método. Para llevar a cabo el estudio se ha pasado el test de ansiedad deportiva de Martens (CSAI-2) a un total de 16 jugadoras participantes en el Campeonato de Madrid por equipos de 1ª categoría de pádel de la FMP. El campeonato tuvo lugar del 11 al 15 de febrero de 2015 en las instalaciones del Duet Sport de Las Rozas. Todas las jugadoras compiten en 1ª o 2ª categoría en la FMP y tienen edades comprendidas entre los 21 y 42 años.

Resultados. Los resultados obtenidos tras pasar los cuestionarios indican que para la medida de ansiedad cognitiva, la media de las puntuaciones directas de las mujeres que participaron en el Campeonato de pádel por equipos de primera categoría, es de 25.6 lo cual tras comprobar los baremos del Test de Martens CSAI-2 equivale a una ansiedad cognitiva media-alta. En lo que respecta a la ansiedad somática, esta indica que es un factor más controlado, ya que la media de las puntuaciones directas de las deportistas se sitúa en 18. Analizando este dato con lo indicado en el baremo, se comprueba que el nivel de ansiedad a nivel somático de las jugadoras estaría clasificado como medio. Por último, los datos que revelan la autoconfianza de las jugadoras son bastante elevados, estando la media de las puntuaciones directas en 28. Con este parámetro, se puede decir que la autoconfianza que tienen las participantes es alta, dato que se puede contrastar con la realidad de las deportistas: varias de ellas son jugadoras que juegan partidos de World Padel

Tour (previas o incluso algunas de ellas llegan a jugar cuadro), por lo que esa faceta psicológica la tienen algo más controlada.

Conclusiones. Una vez se han analizado los resultados obtenidos se podría decir que las jugadoras tomadas como muestra presentan unos niveles de ansiedad media.

Uno de los aspectos que más controlan las deportistas es el de la autoconfianza, ya que es un factor importante a tener en cuenta en el deporte de alto nivel o, en este caso, de competición de 1^a categoría. La experiencia hace que las jugadoras posean un alto nivel de autoconfianza que permite que esa ansiedad somática o cognitiva no se vea excesivamente elevada. Asimismo, es interesante señalar

que las jugadoras presentan una ansiedad cognitiva mayor que la somática, lo que indica que el control psicológico derivado de una preocupación es menor que el producido por el control a nivel fisiológico. Otro de los aspectos a señalar es que lo que se ha medido es la ansiedad de estado (estar) ya que al tratarse de una prueba aislada y con un cierto nivel de estrés, permitía analizar y conocer la ansiedad de las jugadoras en un momento puntual, sin tener en cuenta la ansiedad rasgo

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.08.012>



CERTIFÍCATE CON LOS MEJORES

AÑADE A TU CV UNA CERTIFICACIÓN DE DISTINCIÓN



MADRID

MURCIA

TENERIFE

BARCELONA

MALLORCA

VALENCIA

A CORUÑA

PAMPLONA

VALLADOLID

GRANADA

SEVILLA

ZARAGOZA

www.nscaspain.com

Sierra Nevada nieve, sol y mucho



Esta temporada en Sierra Nevada, **más** zona para principiantes, **más** remontes, **más** nieve producida, **más** servicios de pistas, **más** half-pipe, **más** Superparque Sulayr, **más** diversión, **más** gastronomía, **más** experiencias para familias y estudiantes, **más** apre-esquí, **más** deporte, **más** emoción. Mucho **más** que una Estación, es tu destino preferido.



sierranevada.es

902 70 80 90



JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERÍA DE TURISMO Y DEPORTE

CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

Glorieta Beatriz Manchón s/n
(Isla de la Cartuja)
41092 SEVILLA

Teléfono
955 540 186

Fax
955 40 623

e-mail
ramd.ccd@juntadeandalucia.es