

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 10 Número. 4

Diciembre 2017



RAMD

Originales

Effect of the pacing strategy during half-duration resistance test on the mechanic, metabolic and cardio-respiratory response

Effects of aerobic and resistance training of long duration on pro- and anti-inflammatory cytokines in rats

Impacto do agachamento em superfície estável e instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos

Efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse ao calor

Maturação somática e aptidão física em jovens jogadores de futebol

Anthropometric characteristics, somatotype and dietary patterns in youth soccer players

Artículo especial

Desempenho e *pacing* na prova de 200 m nado borboleta: variabilidade e relações dos tempos parciais de 50 m com o tempo final

Comunicaciones

III Congreso Internacional de Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva. 1 y 2 de abril 2016. Sevilla

Cartas al Editor

La redacción de acrónimos en artículos científicos

Respuesta a «La redacción de acrónimos en artículos científicos»

ISSN: 1888-7546



Incluida en:



Reconocida por:



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Editor

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

Coeditor

Juan de Dios Beas Jiménez
ramd.ctd@juntadeandalucia.es

Coordinación Editorial

Covadonga López López
ramd.ctd@juntadeandalucia.es

Comité Editorial

José Ramón Alvero Cruz
(Universidad de Málaga, España)

Eloy Cárdenas Estrada
(Universidad de Monterrey, México)

José Alberto Duarte
(Universidade do Porto, Portugal)

Luisa Estriga
(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)

David Jiménez Pavón
(Universidad de Cádiz, España)

Guillermo López Lluch
(Universidad Pablo de Olavide, España)

Emilio López Vidriero
(International Sports Medicine Clinic, España)

Nicola A. Maffioletti
(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)

Luis Carrasco Páez
(Universidad de Sevilla, España)

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

José Castro Piñero
(Universidad de Cádiz, España)

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

Adela Cristina Cis Spoturno
(Centro Médico Almería, España)

Madalena Costa
(Harvard Medical School, Boston, USA)

Magdalena Cuenca García
(Universidad de Cádiz, España)

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)

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

Miguel del Valle Soto
(Universidad de Oviedo, España)

Alexandre Della
(FIFA Medical Center of Excellence, Lyon, France)

Juan Marcelo Fernández
(Hospital Reina Sofía, España)

Tomás Fernández Jaén
(Clínica CEMTRO, España)

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

Juan José González Badillo
(Universidad Pablo de Olavide, 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)

Carla Mandail
(Universidade Lisboa, Portugal)

Carlos Lago Peñas
(Universidad de Vigo, España)

Fernando Martín
(Universidad de Valencia, España)

Antonio Martínez Amat
(Universidad Jaén, España)

Italo Monetti
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)

Alexandre Moreira
(Universidade de São Paulo, Brasil)

Elisa Muñoz Gomariz
(Hospital Universitario Reina Sofía, España)

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

Manuel Rosety Plaza
(Universidad de Cádiz, 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

ELSEVIER

Publicación trimestral (4 números al año).

© 2017 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 - <http://lajunta.es/13d5y>

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.ctd@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

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 10 Número 4

Diciembre 2017

Sumario

Originales

- 163 Effect of the pacing strategy during half-duration resistance test on the mechanic, metabolic and cardio-respiratory response
A. Pérez-Guerra, J.M. García-Manso, C. Mantecón, T. Valverde, D. Rodríguez-Ruiz y M.E. Da Silva-Grigoletto
- 170 Effects of aerobic and resistance training of long duration on pro- and anti-inflammatory cytokines in rats
C.M.S. Silva, R.C. Vieira-Junior, J.C.R. Trombeta, T.R. Lima, G.A. Fraga, M.S. Sena, E.T.P. Ávila, R.A. Tibana, J. Prestes, J.W. Navalta y F.A. Voltarelli
- 176 Impacto do agachamento em superfície estável e instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos
P.C.R. Silva, V.H. de Oliveira, E.C.A. Neto, K.P.M. Azevedo, G.M. Rebouças e M.I. Knackfuss
- 181 Efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse ao calor
S.R. Alves e Silva Camerino, E.H. Martin Dantas, R. Carvalho Pereira Lima, T. Casado Lima França, N. Monteiro de Oliveira e E. Seixas Prado
- 187 Maturação somática e aptidão física em jovens jogadores de futebol
C.A. Kunrath, E. Gonçalves, I. Teoldo e M. Assis Marques Barbosa
- 192 Anthropometric characteristics, somatotype and dietary patterns in youth soccer players
J.D. Hernández-Camacho, E. Fuentes-Lorca y H. Moya-Amaya

Artículo especial

- 197 Desempenho e *pacing* na prova de 200 m nado borboleta: variabilidade e relações dos tempos parciais de 50 m com o tempo final
F.A. de Souza Castro, F. Diefenthaler, F. Colpes, R. Peterson Silveira e M. Franken

Comunicaciones

- 202 III Congreso Internacional de Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva. 1 y 2 de abril 2016. Sevilla

Cartas al Editor

- 206 La redacción de acrónimos en artículos científicos
H. González Aguilar
- 206 Respuesta a «La redacción de acrónimos en artículos científicos»
M.E. da Silva Grigoletto, C. López López y J. de D. Beas-Jiménez

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 10 Number 4

December 2017

Contents

Original Articles

- 163 Effect of the pacing strategy during half-duration resistance test on the mechanic, metabolic and cardio-respiratory response
A. Pérez-Guerra, J.M. García-Manso, C. Mantecón, T. Valverde, D. Rodríguez-Ruiz and M.E. Da Silva-Grigoletto
- 170 Effects of aerobic and resistance training of long duration on pro- and anti-inflammatory cytokines in rats
C.M.S. Silva, R.C. Vieira-Junior, J.C.R. Trombeta, T.R. Lima, G.A. Fraga, M.S. Sena, E.T.P. Ávila, R.A. Tibana, J. Prestes, J.W. Navalta and F.A. Voltarelli
- 176 The impact of squat on stable and unstable surface on static and dynamic balance of elderly
P.C.R. Silva, V.H. de Oliveira, E.C.A. Neto, K.P.M. Azevedo, G.M. Rebouças and M.I. Knackfuss
- 181 Effect of different hydration status on physical and cognitive-motor performance of athletes submitted to exercise under low heat stress environment
S.R. Alves e Silva Camerino, E.H. Martin Dantas, R. Carvalho Pereira Lima, T. Casado Lima França, N. Monteiro de Oliveira and E. Seixas Prado
- 187 Maturation somatic and physical fitness in young soccer players
C.A. Kunrath, E. Gonçalves, I. Teoldo and M. Assis Marques Barbosa
- 192 Anthropometric characteristics, somatotype and dietary patterns in youth soccer players
J.D. Hernández-Camacho, E. Fuentes-Lorca and H. Moya-Amaya

Special Article

- 197 Performance and pacing in 200 m butterfly: variability and relations with the time 50 m parpartial and the final time
F.A. de Souza Castro, F. Diefenthaler, F. Colpes, R. Peterson Silveira and M. Franken

Communications

- 202 III International Conference of Training Optimization and Sport and Physical Readaptation. 1-2 April 2016. Seville

Letters to the Editor

- 206 The wording of acronyms in scientific papers
H. González Aguilar
- 206 Reply to 'The wording of acronyms in scientific papers'
M.E. da Silva Grigoletto, C. López López and J. de D. Beas-Jiménez

Original article

Effect of the pacing strategy during half-duration resistance test on the mechanic, metabolic and cardio-respiratory response



A. Pérez-Guerra^a, J.M. García-Manso^a, C. Mantecón^a, T. Valverde^b,
D. Rodríguez-Ruiz^a, M.E. Da Silva-Grigoletto^{c,*}

^a Laboratory of Analysis and Training Planning, Physical Education department, University of Las Palmas de Gran Canaria, Spain

^b Faculty of Physical Activity and Sports Science, Catholic University of Valencia, Spain

^c Federal University of Sergipe, Graduate Program in Physical Education, Scientific Sport, Aracaju, SE, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 11 March 2015

Accepted 21 May 2015

Available online 6 September 2016

Keywords:

Resistance test

Metabolic response

Cardio-respiratory response

Mechanic response

Students

ABSTRACT

Objective: Changes in pacing rhythm are translated into functional and metabolic changes that can be significantly reflected in the final results of an athlete.

Method: Ten male subjects, with moderate performance level (age: 25.2 ± 2.2 years; VO_{2max} : 56.9 ± 5.7 ml $kg^{-1} min^{-1}$), performed four 5-min races with different pacing strategies: constant-pace (CP), record-pace (RP), kicker-pace (KP), incremental-pace (IP).

Results: The cardio-respiratory response did not show statistically significant. There were statistically significant differences ($p \leq 0.05$) in the energetic efficiency among the protocols CP vs. RP, CP vs. KP and RP vs. IP. When results were analyzed by partials (1-min duration phases), significant differences were observed in the energetic efficiency during the 3rd-min among CP vs. KP, RP vs. KP and KP vs. IP. These significant differences were extended to the 4th-min when comparing CP vs. IP, CP vs. KP, KP vs. RP and KP vs. IP. In the last minute of the test, there were significant differences among CP vs. KP. No significant differences were found in any of the variables assessing anaerobic metabolism (accumulated oxygen deficit, oxygen debt, oxygen uptake kinetics and blood lactate) between both protocols.

Conclusions: Results suggest that the main functional systems response are significantly affected by the pacing strategy used by middle-level subjects during middle-distance running.

© 2015 Consejería de Turismo 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 de la estrategia en carrera durante un test de resistencia de media duración en la respuesta mecánica, metabólica y cardiorespiratoria

RESUMEN

Objetivo: Los cambios en el ritmo de carrera se traducen en cambios funcionales y metabólicos que pueden reflejarse significativamente en los resultados finales de un atleta.

Método: Diez sujetos varones, con un nivel medio (edad: 25.2 ± 2.2 años; VO_{2max} : 56.9 ± 5.7 ml $kg^{-1} \cdot min^{-1}$), llevaron a cabo carreras de 5 minutos con diferentes estrategias: ritmo constante (RC), ritmo récord (RR), ritmo kicker (RK) y ritmo incremental (RI).

Resultados: La respuesta cardiorespiratoria no mostró diferencia estadísticamente significativa. Hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en la eficiencia energética entre los protocolos CP vs. RP, CP vs. KP and RP vs. IP. Cuando los resultados se analizaron por parciales (fases de un minuto de duración), se observaron diferencias significativas en la eficiencia energética durante el tercer minuto entre RC vs. RK, RR vs. RK y RK vs. RI. Estas diferencias significativas se extendieron al cuarto minuto cuando se compararon RC vs. RI, RC vs. RK, RK vs. RR y RK vs. RI. En el último minuto del test, hubo diferencias significativas entre RC vs. RK.

Palabras clave:

Test de resistencia

Respuesta metabólica

Respuesta cardiorespiratoria

Respuesta mecánica

Estudiantes

* Corresponding author.

E-mail address: pit_researcher@yahoo.es (M.E. Da Silva-Grigoletto).

No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables que valoran el metabolismo anaeróbico (déficit de oxígeno, deuda de oxígeno, cinética del consumo de oxígeno y lactato en sangre) entre ambos protocolos.

Conclusiones: Los resultados sugieren que la respuesta de los principales sistemas funcionales se ve afectada significativamente por la estrategia de carrera empleada por un grupo de sujetos de nivel intermedio durante una carrera de media distancia.

© 2015 Consejería de Turismo 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 da estratégia de corrida durante teste de resistência de meia-duração na mecânica, resposta metabólica e cardio-respiratória

R E S U M O

Palavras-chave:

Teste de resistência

Resposta metabólica

Resposta cardiorrespiratória

Resposta mecânica

Estudantes

Objetivo: Alterações no ritmo de corrida se traduzem em mudanças funcionais e metabólicas que podem ser refletidas de forma significativa nos resultados finais de um atleta.

Método: Dez indivíduos do sexo masculino, com nível de desempenho moderado (idade: 25.2 ± 2.2 anos; VO_{2max} : 56.92 ± 5.7 ml · kg⁻¹ · min⁻¹), realizaram quatro corridas de 5 minutos com diferentes estratégias de corrida: velocidade constante, velocidade recorde, velocidade *kicher* e velocidade incrementada.

Resultados: A resposta cardiorrespiratória não demonstrou estatisticamente significativa. Houve diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0.05$) na eficiência energética entre os protocolos CP vs. RP, CP vs. KP and RP vs. IP, quando os resultados foram analisados por parciais (1 min de duração). Foram observadas diferenças significativas na eficiência energética durante o 3^o-min entre CP vs. KP, RP vs. KP e KP vs. IP. Estas diferenças significativas foram estendidas para o 4^o-min na comparação CP vs. IP, CP vs. KP, CP vs. KP, KP vs. RP e KP vs. IP. No último minuto do teste, houve diferenças significativas entre CP vs. KP. Não foram encontradas diferenças significativas em nenhuma das variáveis que avaliam o metabolismo anaeróbico (déficit de oxigênio acumulado, débito de oxigênio, cinética do consumo de oxigênio e lactato no sangue) entre ambos os protocolos.

Conclusões: Os resultados sugerem que as principais respostas dos sistemas funcionais são afetadas significativamente pela estratégia de corrida usado por indivíduos de nível médio durante a meia-corrida de longa distância.

© 2015 Consejería de Turismo 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

The effort distribution and the energetic requirements during a cyclic modality are called *spacing* or *spacing strategy*,^{1,2} thus being considered as a determinant factor in the final test result.^{1,3,4} The spacing strategy is defined as the velocity variation during a pace by regulating the ratio of energy expenditure⁴ and is proposed to be a marker of underlying physiological regulation.⁵ The way of distributing the effort depends on the type of event or objective record, the performance duration,² the runners' characteristics resistant and the environment conditions.

There is no consensus about classifying the tactical variants that can be observed in the middle-distance and long-distance races,^{6,7} although the most efficient *spacing strategy* in a middle distance running appears to be the *Parabolic-Shaped Pacing (U-Shaped, Reserve J-Shaped and J-Shaped)*.⁸ That is to say, a faster exit, followed by gradual decrease in the mean distance of the event and final acceleration.

In this type of tests, the velocity variations range between 5 and 10%.^{9–11} Sometimes, the *U-shaped* strategy shows very low decreases in the race rhythm at half of the race, showing a tendency to a stable rhythm (*even spacing*). These race rhythm behaviors can be checked up on when analyzing the main international athletic competitions (Olympic Games, World Championships, European Championships or World Records).

Thus, voluntary or involuntary changes during the test rhythm are translated into functional and metabolic changes^{2,12} that can even be significantly reflected in the final result as well as in the athlete's capacity.¹³ However, there is no concrete knowledge about how does the organism respond to changes in the race strategy.¹⁰

There is also no accurate idea of the objective causes that underlie the reasons why athletes are inclined to the use of either race strategy during competition. Neither is still not completely understood how athletes regulate their speed to optimize performance in supramaximal races such as middle-distance events.¹⁰

The aim of the present study was to detect, in intermediate level subjects, if changes in the race strategy (5-min treadmill running) cause changes in the mechanical of the race, energetic consumption, metabolic response and cardio-respiratory response during a middle-distance race performed at high (not maximal) intensity.

Method

Subjects

We evaluated 10 subjects, male physical education students (age: 25.2 ± 2.2 years; body weight: 69.8 ± 5.5 kg; height: 175.7 ± 3.2 cm; fat percentage: $8.2 \pm 1.3\%$; VO_{2max} : 56.9 ± 5.7 ml kg⁻¹ min⁻¹) with moderate performance level.

The study was approved by the Research Ethics committee of ULPGC (Spain), in accordance with the regulations of resolution of National Council on Ethics in Human Research and in accordance with the Declaration of Helsinki.

During the sample recruitment, the subjects were concretely informed about the investigation nature to which they were going to be submitted, as well as the possible risks of being experimental subjects. Once they accepted to be part of the study, they signed their agreement in a consent document. In this document, they expressed their accordance with what mentioned above, specifying the following aspects: (a) ethic criteria, in which the

investigation team assumed the established guidelines, for humans investigation, in the 18th World Medical Assembly with subsequent amendments; (b) detailed and concise information about the different test characteristics, as being part of the experimental study; (c) consent for the data recording and processing, obtained by researchers from the *Laboratory of Analysis and Planning of Sports Training*, as well as the use of these data in studies and scientific publications; and (d) clarification of the opportunity to refuse, when considering, to perform any of the tests.

Experimental design

The runners were required to visit the laboratory on seven separate occasions. On their first visit to the laboratory, the subjects were detailed informed about the investigation aspects to, later, perform the anthropometric assessment. Also, were asked to maintain their regular activity pattern for the duration of the study. On the second visit the subjects were given the opportunity to become familiar with the equipment and testing protocols that would be used during the trial. Before performing the tests (different pacing strategy) each subject performed an incremental exhaustive treadmill test (Ergopower®) to evaluate each individual's oxygen delivery system. The continue test was unable to maintain the treadmill pace. VO_{2max} was defined as the highest oxygen consumption during incremental test over 15 s period. Gas analyzer was calibrated before each test.

The four following days after the visit to the laboratory, the subjects performed the different 5-min races with intensities, previously established, which changed or not every 20-s depending on the characteristics of the assessing protocol. The race rhythms, in each case, were established from the behaviors observed in high performance athletes of 71 official male competitions (Olympic Games; World Championships; European Championships and World Records; European Championships; Outdoor World Record) (Table 1).

The rhythm changes observed in these official competitions, in each phase of the test (beginning, middle and end of the test), are similar to the maximal levels proposed by other authors for this duration tests.^{14,15} These references were criteria used to select the rhythms of the four protocols used in our study (constant-pace, CP; record-pace, RP; kicker-pace, KP; incremental-pace, IP) (Table 2).

To determine the mean velocity at which each subject was going to be evaluated, we used the following protocol: after the familiarization phase (3 sets of 6 min at 12-min km^{-1} and 2 sets of 4 min at 15-min km^{-1}) performed the second day, the subjects performed 3 sets of 6–8 min of duration in treadmill with an inclination of 1.0. After a 12-min warm up at an intensity of 12 $km h^{-1}$, 3 sets were performed until fatigue was reached (recovery: 8 min and 12 min) with increasing intensities trying to reach exhaustion at a time of between 6 and 8 min (example: 10-min at 12 $km h^{-1}$ recovery 10 min + 6-min at 16 $km h^{-1}$ recovery 12 min + 8-min at 18 $km h^{-1}$ recovery 10 min + all-out at 20 $km h^{-1}$). From the distance performed during the last set, we determined the individuals' performance level (NR), applying the following equation: $NR = V/D^{-\alpha}$; where V is the velocity in $m s^{-1}$; D is the distance in meters; α is the exponent with a value of -0.0712 . Once known the NR value, we estimated the theoretical value in a race of 1500 m and determined the mean velocity expressed in $km h^{-1}$. Once known this value, we deducted a 5% to set the mean intensity of the four used protocols.

Evaluated variables

During the imposed strategy trials, the respiratory gas exchange was measured using an analyzer Ganshorn Medicine Electronic GmbH to monitor the ventilation values (VE), oxygen consumption

(VO_2), CO_2 production (VCO_2) and respiratory coefficient (RER). We determined the energetic cost (EC), Oxygen pulse (PO_2), accumulated oxygen deficit, oxygen debt and oxygen uptake kinetics ($VO_2 - \tau$).

Using this procedure, PO_2 represents the amount of O_2 that can be consumed during the race and during the time of the complete cardiac cycle. EC was defined as the ratio between the oxygen consumption ($ml kg^{-1} min^{-1}$) and the running speed ($m min^{-1}$). The oxygen accumulated deficit was only measured during the first minute of every race and the oxygen debt in the three minutes after exertion. Oxygen uptake kinetics (τ) was determined by a specific elaborated program (Matlab 7.12.0.635) to determine the VO_2 kinetics and calculate the values of τ (s) and VO_2 in that point following the methodological criteria proposed by Joones and Poole (2005). In every protocol, we also recorded the heart rate (HR) every 5 s (Polar Polar RS 800), blood lactate was measured pre and post exercise (1 and 3 min) using a miniphotometer (LP-20 Bruno Lange GmbH, Berlin, Germany) and pass frequency (video recording).

Anthropometry

Height and weight were measured. We assessed six skin-fold (triceps, subscapular, suprailiac, abdominal, midthigh and calf) and percent of body fat calculates by using the formula of Yuhasz modified by Carter¹⁶: % body fat = $(0.1051 \times \text{sum of six skinfold}) + 2.585$. These data were obtained by a Holtain skinfold caliper (constant pressure: 10 $g sq^{-1} mm$).

Statistics

The statistics shown in this paper were calculated using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS, v. 17.0 for WINDOWS; SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The descriptive statistics used were the mean, standard deviation and mean error for comparing the four protocols. The groups were assessed using ANOVA for repeated measures with Bonferroni contrast test ($p \leq 0.05$). Prior to the comparisons, normality tests (Shapiro–Wilks) and homogeneity tests (Levene test) were performed. The values are reported as the mean \pm SD and values $p \leq 0.05$ were considered significant.

Results

The physiological variables (cardio-respiratory parameters) measured during the tour treadmill test are listed in Table 3. It is highlighted that not all of our subjects reached their maximal VO_2 values and they did not show statistically significant differences in any of the race phase or in the different evaluated protocols. The biggest differences found in this parameter were observed in the intermediate race phase (2° – 4° min) when comparing CP with RP (2.4%–5.4%–5.4%–5.3%), KP (2.4%–5.1%–3.3%–2.6%) and IP (3.2%–3.8%–3.2%–0.9%). There were no significant differences found in the PO_2 and FC values.

We found statistically significant differences in the energetic efficiency among the following protocols: CP vs. KP ($p = 0.012$; IC_{95} : 0.034–0.004; ES: 1.45), RP vs. KP ($p = 0.040$; IC_{95} : 0.040–0.008; ES: 1.65) and TP vs. IP ($p = 0.003$; IC_{95} : 0.009–0.004; ES: 2.04) (Table 3). When performing the analysis by partials (1-min duration phases), significant differences were observed in the energetic efficiency during the 3rd-min among CP vs. KP ($p = 0.000$; IC_{95} : 0.75–0.42; ES: 4.15), RP vs. KP ($p = 0.000$; IC_{95} : 0.77–0.42; ES: 3.55) and KP vs. IP ($p = 0.006$; IC_{95} : 0.80–0.38; ES: 3.95).

These differences were expanded to the 4th-min when comparing CP vs. IP ($p = 0.005$; IC_{95} : 0.005–0.024; ES: 1.12), CP vs. KP ($p = 0.000$; IC_{95} : 0.067–0.028; ES: 2.89) and CP vs. KP ($p = 0.000$; IC_{95} : 0.067–0.028; ES: 2.89), KP vs. RP ($p = 0.005$; IC_{95} : 0.074–0.040; ES: 3.24) KP vs. IP ($p = 0.000$; IC_{95} : 0.045–0.078; ES: 4.41). In the

Table 1
Laps (velocity and percentage respect to the mean velocity) corresponding to the four race sections in which the 1500-m test (male) was divided in the Olympic Games (OG: 1948–2012); World Championships (WC: 1983–2011); European Championships (EC: 1958–2012) and World Records (WR: 1952–1998).

Competition	Years	0–400-m (m s^{-1} – % V_{mean})	400–800-m (m s^{-1} – % V_{mean})	80–1200-m (m s^{-1} – % V_{mean})	1200–1500-m (m s^{-1} – % V_{mean})
OG ($n=18$)	1948–2012	$6.8 \pm 0.3 \text{ m s}^{-1}$ $98.5 \pm 4.1\%$	$6.5 \pm 0.2 \text{ m s}^{-1}$ $94.7 \pm 2.1\%$	$7.0 \pm 0.3 \text{ m s}^{-1}$ $101.6 \pm 3.7\%$	$7.5 \pm 0.3 \text{ m s}^{-1}$ $108.5 \pm 4.7\%$
WC ($n=13$)	1983–2011	$6.8 \pm 1.6 \text{ m s}^{-1}$ $96.4 \pm 3.6\%$	$6.8 \pm 1.7 \text{ m s}^{-1}$ $96.5 \pm 4.2\%$	$7.2 \pm 1.7 \text{ m s}^{-1}$ $102.9 \pm 4.5\%$	$7.6 \pm 1.9 \text{ m s}^{-1}$ $109.2 \pm 4.2\%$
EC ($n=16$)	1958–2012	$6.7 \pm 0.2 \text{ m s}^{-1}$ $97.8 \pm 2.8\%$	$6.4 \pm 0.2 \text{ m s}^{-1}$ $93.6 \pm 2.0\%$	$6.9 \pm 0.2 \text{ m s}^{-1}$ $101.5 \pm 1.6\%$	$7.6 \pm 0.3 \text{ m s}^{-1}$ $111.1 \pm 3.7\%$
WR ($n=24$)	1952–1998	$7.1 \pm 0.3 \text{ m s}^{-1}$ $101.1 \pm 3.5\%$	$6.8 \pm 0.2 \text{ m s}^{-1}$ $97.7 \pm 2.3\%$	$6.9 \pm 0.25 \text{ m s}^{-1}$ $98.46 \pm 3.9\%$	$7.3 \pm 0.3 \text{ m s}^{-1}$ $104.5 \pm 5.1\%$

Table 2
Race intensities (percentage respect to the mean velocity) used, in each protocol, in the different 20 s sections in which the treadmill race was divided.

Lap time	Constant pace	Record pace	Kicker pace	Incremental pace
20 s	100%	104%	101%	95%
40 s	100%	102%	98%	93%
60 s	100%	102%	98%	93%
80 s	100%	100%	97%	93%
100 s	100%	100%	95%	93%
120 s	100%	97%	95%	94%
140 s	100%	97%	95%	94%
160 s	100%	96%	95%	94%
180 s	100%	96%	100%	102%
200 s	100%	98%	100%	102%
220 s	100%	98%	102%	107%
240 s	100%	101%	102%	107%
260 s	100%	101%	106%	107%
280 s	100%	104%	108%	113%
300 s	100%	104%	108%	113%

Table 3
Evolution, minute by minute, of the physiological parameters (VO_2 , RER, EE, FC and PO_2) during a 5-min duration treadmill race using the different pacing strategies at a high intensity not maximal.

Parameter	Pacing	0–60 s	61–120 s	121–180 s	181–240 s	241–300 s	Mean
VO_2 ($\text{ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	CP	21.1 ± 3.9	46.7 ± 6.5	52.5 ± 6.5	53.8 ± 6.4	54.3 ± 6.4	44.3 ± 5.3
	RP	20.3 ± 5.2	45.6 ± 7.6	49.8 ± 6.5	50.9 ± 7.0	51.4 ± 6.9	42.3 ± 6.1
	KP	22.2 ± 6.1	45.6 ± 6.3	50.0 ± 4.9	52.0 ± 5.4	52.9 ± 4.9	43.2 ± 5.1
	IP	22.0 ± 3.9	45.2 ± 5.4	50.5 ± 5.9	52.1 ± 4.8	53.8 ± 5.0	43.4 ± 4.3
RER	CP	0.94 ± 0.05	1.08 ± 0.02	1.17 ± 0.03	1.19 ± 0.04	1.19 ± 0.04	1.11 ± 0.02
	RP	0.95 ± 0.05	1.10 ± 0.05	1.16 ± 0.04	1.16 ± 0.04	1.16 ± 0.05	1.10 ± 0.04
	KP	0.95 ± 0.06	1.06 ± 0.04	1.12 ± 0.04	1.15 ± 0.04	1.18 ± 0.04	1.09 ± 0.03
	IP	0.92 ± 0.08	1.03 ± 0.05	1.10 ± 0.05	1.15 ± 0.04	1.20 ± 0.04	1.08 ± 0.04
EC ($\text{ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	CP	0.06 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.15 ± 0.10
	RP	0.06 ± 0.01	0.16 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.15 ± 0.02
	KP	0.07 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.23 ± 0.02	0.17 ± 0.01	0.17 ± 0.01
	IP	0.07 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.15 ± 0.01
FC (lat min^{-1})	CP	110.0 ± 16.9	159.3 ± 16.5	177.1 ± 8.7	182.8 ± 7.9	186.2 ± 7.7	169.2 ± 10.0
	RP	106.7 ± 21.0	150.8 ± 24.6	172.1 ± 13.2	180.4 ± 8.7	184.3 ± 8.5	165.2 ± 10.1
	KP	111.0 ± 7.0	157.4 ± 18.1	168.9 ± 17.6	178.8 ± 7.3	184.3 ± 6.3	164.6 ± 9.3
	IP	116.2 ± 17.7	161.3 ± 9.3	174.6 ± 7.8	180.7 ± 8.5	187.3 ± 6.7	167.8 ± 8.2
O_2 pulse ($\text{ml min}^{-1} \text{ beat}^{-1}$)	CP	11.96 ± 2.0	20.8 ± 3.9	21.0 ± 2.8	20.6 ± 2.6	20.3 ± 2.6	18.9 ± 2.4
	RP	12.20 ± 4.5	20.9 ± 5.9	19.8 ± 3.1	19.7 ± 3.0	19.8 ± 3.0	18.5 ± 3.6
	KP	12.21 ± 2.8	20.2 ± 2.2	20.5 ± 1.31	20.2 ± 1.6	20.0 ± 1.5	18.6 ± 1.4
	IP	12.20 ± 2.9	19.5 ± 2.9	20.3 ± 3.0	20.1 ± 2.4	20.1 ± 2.3	18.4 ± 2.6

last minute of the test, there were significant differences found among CP vs. KP ($p=0.037$; IC_{95} : 0.001–0.031; ES: 1.26) and CP vs. IP ($p=0.000$; IC_{95} : 0.010–0.028; ES: 1.95).

The anaerobic metabolism behavior was assessed from the ventilator parameters (accumulated oxygen deficit, oxygen debt and oxygen uptake kinetics) (Table 3) and the blood lactate concentrations in the first minutes after the exercise (Table 4). There were

no significant differences found in any of the used procedures to assess the anaerobic metabolism among the protocols (Table 5).

At the end of each race, there were blood lactate significant increases (CP: 66.9%; RP: 56.9%; KP: 65.7%; IP: 62.1%; $p \leq 0.000$). The highest lactate values were obtained three minutes after finishing the KP and CP (13.4 ± 2.6 and $13.0 \pm 4.4 \text{ mmol l}^{-1}$, respectively).

Table 4

Oxygen deficit values, during a 5-min duration treadmill using different pacing strategies at a high intensity not maximal.

Parameter	Pacing	Value
O ₂ deficit (1-min) (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	CP	21.1 ± 5.3
	RP	20.3 ± 6.7
	KP	22.2 ± 6.3
	IP	22.0 ± 6.5
O ₂ debt (1–3 min) (ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	CP	53.4 ± 6.8
	RP	153.6 ± 22.6
	RP	50.9 ± 7.0
	KP	144.7 ± 26.2
	IP	50.3 ± 6.2
Tau (τ) (seconds and ml kg ⁻¹ min ⁻¹)	CP	140.1 ± 26.5
	RP	49.9 ± 6.2
	KP	150.6 ± 17.2
	IP	59.5 ± 9.9
	IP	39.9 ± 5.6
	RP	53.8 ± 9.2
	KP	37.8 ± 5.0
	IP	54.1 ± 7.3
	IP	38.1 ± 2.9
	IP	59.9 ± 9.3
		38.9 ± 4.1

Table 5

Lactic acid blood values at the end (1-min and 3-min) of a race in a 5-min duration treadmill using different pacing strategies at a high intensity not maximal.

Running pace	Blood lactate (mmol l ⁻¹)		
	Pre	Post-1 min	Post-3 min
CP	4.3 ± 2.0	10.9 ± 2.9	13.0 ± 4.4
RP	4.9 ± 1.4	12.1 ± 2.6	12.1 ± 2.2
KP	4.6 ± 1.1	11.6 ± 2.9	13.4 ± 2.6
IP	4.3 ± 1.2	10.1 ± 1.2	11.4 ± 2.6

Although there were apparently some high differences observed after each protocol (example: CP3' vs. IP3'), in any case these differences were significantly different.

The race mechanics were not excessively affected by the rhythm changes of each race strategy, except for those parts of the race in which the intensity was especially high ($\approx 110\%$ of race intensity). The subjects showed a significant increase in the stride frequency in the last minute of the incremental protocol (IP) in comparison to the rest of the test (1-min: 2.95 ± 0.10 p/s; 2-min: 2.96 ± 0.11 p/s; 3-min: 2.98 ± 0.13 p/s; 4-min: 3.05 ± 0.12 p/s; 5-min: 3.13 ± 0.11 p/s) and the different race protocols (CP: 3.01 ± 0.11 p/s; RP: 3.05 ± 0.09 p/s; TP: 3.07 ± 0.12 p/s; IP: 3.13 ± 0.11 p/s).

Discussion

The main finding of the present study suggests that the main functional system answers are not significantly affected by the pacing strategy used by middle level subjects during a middle-distance running. This behavior affects the total race, as well as the five phases in which it is divided (5 phases of 1-min duration). These results findings were consistent with data provided by other similar studies.^{17,18}

Performance in middle distance races depend on several physiological parameters^{19,20} and mainly of the aerobic and anaerobic energetic metabolism.¹⁷ Middle distance running elicits aerobic metabolism to its maximum power and anaerobic metabolism to its maximum capacity.^{21,22}

An all-out 1500-m race assumes an effort at higher intensities to 1–10% than the maximal aerobic velocity ($v\text{VO}_{2\text{max}}$).^{14,17} Consequently, to be efficient in this type of tests, the athlete needs to have a high $\text{VO}_{2\text{max}}$ and a low energy running cost.¹⁹ Our subjects

did not always reach their maximal VO_2 values during the race nor showed statistically significant differences in any phase in the different assessed protocols. The highest differences were observed in the intermediate phase of the race (2nd–4th min) when comparing CP to RP (2.4%–5.4%–5.4%–5.3%), KP (2.4%–5.1%–3.3%–2.6%) and IP (3.2%–3.8%–3.2%–0.9%) although these differences do not assume statistically significant changes in the oxygen input system. The O_2 input changes are consequence of the velocity decrease during the different race phases.

Also, there were no significant differences observed in the PO_2 and HR values among the five sections of the four assessed protocols. An efficient cardio-respiratory system and aerobic metabolism implies a good lung fusion, a great ability of the heart to generate a high cardiac output, have a high blood hemoglobin rate, high muscle blood flow and muscle oxygen extraction.²³

In our study, there were some differences found in the energetic efficiency along the different pacing strategies. These differences were statistically significant among the protocols CP vs. KP, RP vs. KP and TP vs. IP (Table 3). When the analysis is performed by partials (1-min duration phases) significant differences were detected in the energetic efficiency during the 3rd-min among CP vs. KP, RP vs. KP. These significant differences were expanded to the 4th-min when comparing CP vs. IP, CP vs. KP and CP vs. KP, KP vs. RP, KP vs. IP. In the last minute of the test, there were significant differences found among CP vs. KP and CP vs. IP. In human locomotion, the work intensity mainly depends on the product of the energy cost (energy needed to overcome the external resistance and the energy used in the production of external energy) and the maximal metabolic power.²⁴

Nowadays, the importance of the anaerobic metabolism in the different strategies used during the half duration resistance tests is more controversial. There were no changes observed in the anaerobic metabolism during our study's race strategies. Also, other studies^{3,25} did not find that changes in the pacing strategy could intensively affect the different metabolic via participation (anaerobic and aerobic). Foster et al.³ only detected moderate changes that could have its origin in the study's methodological problems, as changes in the velocity were very low and could prevent from detecting differences in the anaerobic work.

Oxygen deficit,²⁶ post exercise oxygen debt²⁷ and blood lactate accumulation²⁸ are considered as valid indicators of anaerobic energy production and did not show important differences among any of the strategies. It is well known that the higher the blood lactic acid at the end of work, the greater the oxygen debt. This response is similar to what found in other similar works when comparing blood lactate concentrations between free-pace and constant-pace runs.^{11,29} Although the anaerobic metabolism is determinant in these races, most of this energy is obtained via aerobic metabolism.^{17,30} A low aerobic metabolism efficiency accelerates the anaerobic pathway and the increase of the lactic acid rate. In our study, this could explain the significant increase of blood lactate concentration at the end of each protocol.

From a biomechanical point of view, it is important to note that our subjects showed a significant increase in the stride length during the last minute of the incremental protocol (IP) in comparison to the rest of the test (1-min: 2.95 ± 0.1 p/s; 2-min: 2.96 ± 0.1 p/s; 3-min: 2.98 ± 0.1 p/s; 4-min: 3.05 ± 0.1 p/s; 5-min: 3.13 ± 0.1 p/s) and the different race protocols (CP: 3.01 ± 0.1 p/s; RP: 3.05 ± 0.1 p/s; TP: 3.07 ± 0.1 p/s; IP: 3.13 ± 0.1 p/s).

The Start. In the middle-distance races, the experience shows how there is always a first part of quick departure during the first 100 m of the race and a transition to even-pacing strategy. This action is necessary to reach a good record and an appropriate placement for the rest of the remainder of the race.³¹ In this line, Billat et al.³² found that 1500-m runners who had the longest limits at

their anaerobic power in the first part of the race were those who achieved the best final performance.

However, this tactical behavior assumes important functional and metabolic responses, as shown in this study results. So, fast-starting pacing strategies imply a velocity slowing down¹² and a decrease in VO_2 .^{32,33}

For half a century, it has been well known that the VO_2 kinetics shows a faster adaptation when the exercise initial intensity is very high.^{14,18} This response of the oxygen delivery system is accompanied by a rapid fall in the adenine nucleotide pool³⁴ and an increase of the anaerobic lactic pathway.³⁵ It also stimulates the system of resynthesis of the ATP by the oxidative process. The initial acceleration improves the mean power output and VO_2 during the first 45 s and generates a greater breakdown of the athletes' creatine phosphate supplies respect to a paced strategy.³⁶

However, from a metabolic point of view, an excessive fast start can be counterproductive. In fact, too high intensity anaerobic pathway activation from the beginning of the test can condition the race velocity³⁷ and, as shown by some authors, it can be a factor that drives the athlete to regulate and adjust inappropriately the race rhythm.⁴

Mid race. Once the athlete finds the appropriate position during the race, usually tries to stabilize the rhythm to the test interests. Except for special race circumstances (e.g. hare atypical strategies), what is common is that the athletes perform mid race at a lower intensity to the mean race velocity. This velocity fall will change its magnitude depending on the race characteristics or objective classification. A decrease around the 3rd-min could prevent the development of the VO_2 slow component. In this sense, Cottin et al.¹¹ found that, in male long-distance runners, velocity does not alter in an important way the slow component of the VO_2 kinetic. Also, the blood lactate concentrations did not change in comparison with a race performed at a constant rhythm. On the opposite side, maintaining a very high intensity in this test phase assumes a maximal O_2 input activation and a premature fatigue onset.³⁸

So, maintaining a reduced race rhythm mostly always means to enable the athlete to save energy for the last phase of the race, but in middle distance running the speed must be as high as possible above the maximal aerobic power to achieve a good final performance but without depleting anaerobic stores too early and without decreasing VO_2 below VO_{2max} by an inhibition of oxidative phosphorylation with early acidosis.³² In such circumstances, the organism requires the anaerobic lactic pathway (*anaerobic capacity*), and increases the blood lactate concentrations progressively. This forces the *anaerobic work capacity* to be a determinant factor in the final test result and the early fatigue onset.^{32,37}

The velocity reduction, in this part of the race, added to the strategy of running behind other runners are a habitual strategy to increase the race economy. Morgan et al.³⁹ suggested that running while following 1–2 m behind another runner can save up to 6% or 3% of energy, respectively.

Finishing kick. Robinson et al.⁴⁰ reported that when athletes ran the first 800-m of a 1200-m treadmill test slower than even-pace followed by a near maximal final 400-m, they showed lower blood lactate and oxygen debt rates in comparison to those when using a fast-start and even pacing strategy.

When the final race section is analyzed under high level fatigue situations, the O_2 input system can be negatively affected. Hanon et al.¹⁴ observed a significant VO_2 decrease at the end of the 1500-m race without affecting the race velocity. The authors explain these VO_2 decreases by referring to mechanisms assessed in other studies: respiratory fatigue, changes in cardiac output and oxygen arterial-venous difference and decrease in arterial hemoglobin saturation. A positive correlation between the VO_2 decrease magnitude and blood lactate concentration, suggesting that this phenomenon is due to the high glycolytic contribution

and therefore to a high level of fatigue, that can be demonstrated in a stride amplitude decrease and an increase in frequency, trying to maintain the velocity.

In our case, the subjects showed an increase in the VO_2 values at the end of the test in the RP and KP protocols, but they showed a decrease in CP and IP. We must take into consideration that the race intensity was not 100% intensity, as it was slightly lower. At the 90% of de velocity associated to VO_{2max} the oxygen consumption continues to increase with the time, as a consequence of a VO_2 slow component.

The accumulated fatigue at the end of the test can also affect the race mechanics and the finishing pick. In this sense, Hanon et al.⁴¹ detected, during treadmill running tests to exhaustion, a decrease in stride length. This alteration in the race mechanics can be due to a force decrease.

In conclusion, the present study suggests that the main functional systems responses (cardio-respiratory system, energetic-system and race mechanics) are significantly affected by the pacing strategy used by middle level subjects during a middle-distance running. This behavior affects the total test and the five phases in which it is divided (5 phases of 1-min duration). The highest differences were observed in the intermediate phase of the race (2nd–4th min), although these differences do not assume statistically significant changes in the oxygen uptake system. Also, there were no important significant differences in the PO_2 and HR values among the five sections of the four assessed protocols. There were significant differences found in the energetic efficiency of the different pacing strategies. These differences were statistically significant among the protocols CP vs. KP, RP vs. KP and TP vs. IP

Conflicts of interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

References

- de Koning JJ, Bobbert MF, Foster C. Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. *J Sci Med Sport*. 1999;2:266–77.
- Foster C, de Koning JJ, Hettinga F, Lampen J, Dodge C, Bobbert M, et al. Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition. *Int J Sports Med*. 2004;25:198–204.
- Foster C, Snyder AC, Thompson NN, Green MA, Foley M, Schragger M. Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25:383–8.
- Foster C, Schragger M, Snyder AC, Thompson NN. Pacing strategy and athletic performance. *Sports Med*. 1994;17:77–85.
- Tucker R, Noakes TD. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. *Br J Sports Med*. 2009;43:e1.
- Garland SW. An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. *Br J Sports Med*. 2005;39:39–42.
- Kennedy MD, Bell GJ. Development of race profiles for the performance of a simulated 2000-m rowing race. *Can J Appl Physiol*. 2003;28:536–46.
- Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med*. 2008;38:239–52.
- Siler WL. Changes in running pattern during a treadmill run to volitional exhaustion: fast versus slower runners. *J Appl Biomech*. 1991;7:12–28.
- Garcin M, Billat VL. Perceived exertion scales attest to both intensity and exercise duration. *Percept Mot Skills*. 2001;93:661–71.
- Cottin F, Papellier Y, Durbin F, Koralsztejn J, Billat VL. Effect of fatigue on spontaneous velocity variations in human middle-distance running: use of short-term Fourier transformation. *Eur J Appl Physiol*. 2002;87:17–27.
- Hanon C, Gajer B. Velocity and stride parameters of world-class 400-meter athletes compared with less experienced runners. *J Strength Cond Res*. 2009;23:524–31.
- Aisbett B, Le Rossignol P, Sparrow WA. The influence of pacing during 6-minute supra-maximal cycle ergometer performance. *J Sci Med Sport*. 2003;6:187–98.
- Hanon C, Leveque JM, Thomas C, Vivier L. Pacing strategy and VO_2 kinetics during a 1500-m race. *Int J Sports Med*. 2008;29:206–11.
- Lacour J, Bouvat E, Barthélémy J. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;61:172–6.
- Carter J. Body composition of Montreal Olympic athletes. In: Carter J, editor. *Physical structure of Olympic athletes. Part I: the Montreal Olympic Games Anthropological Project*. Basel, Switzerland: Karger; 1982. p. 107–16.

17. Spencer MR, Gastin PB. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:157–62.
18. Draper SB, Wood DM. The VO_2 response for an exhaustive treadmill run at 800-m pace: a breath-by-breath analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2005;93:381–9.
19. Billat LV. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Med.* 1996;22:157–75.
20. Jones AM. A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br J Sports Med.* 1998;32:39–43.
21. Billat VL, Lepretre PM, Heugas AM, Koralsztein JP. Energetics of middle-distance running performances in male and female junior using track measurements. *Jpn J Physiol.* 2004;54:125–35.
22. Ward-Smith AJ. Aerobic and anaerobic energy conversion during high-intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:1855–60.
23. Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol.* 2008;586:35–44.
24. Hauswirth C, Brisswalter J. Strategies for improving performance in long duration events: olympic distance triathlon. *Sports Med.* 2008;38:881–91.
25. Hettinga F, de Koning JJ, Broersen FT, Van Geffen P, Foster C. Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:1484–91.
26. Medbø JJ, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O_2 deficit. *J Appl Physiol.* 1988;64:50–60.
27. Gastin PB. Quantification of anaerobic capacity. *Scand J Med Sci Sports.* 1994;4:91–112.
28. Costill DL, Kammer WF, Fisher A. Fluid ingestion during distance running. *Arch Environ Health.* 1970;21:520–5.
29. Liedl MA, Swain DP, Branch JD. Physiological effects of constant versus variable power during endurance cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:1472–7.
30. Ferri A, Adamo S, La Torre A, Marzorati M, Bishop DJ, Miserocchi G. Determinants of performance in 1.500-m runners. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:3033–43.
31. Duffield R, Bishop D, Dawson B. Comparison of the VO_2 response to 800-m, 1 500-m and 3 000-m track running events. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;46:353–60.
32. Billat V, Hamard L, Koralsztein JP, Morton RH. Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1500-m run. *J Appl Physiol.* 2009;107:478–87.
33. Hanon C, Thomas C. Effects of optimal pacing strategies for 400, 800, and 1500-m races on the VO_2 response. *J Sports Sci.* 2011;29:905–12.
34. Rossiter HB, Ward SA, Kowalchuk JM, Howe FA, Griffiths JR, Whipp BJ. Dynamic asymmetry of phosphocreatine concentration and O_2 uptake between the on- and off-transients of moderate- and high-intensity exercise in humans. *J Physiol.* 2002;15:991–1002.
35. Chasiotis D, Bergstrom M, Hultman E. ATP utilization and force during intermittent and continuous muscle contractions. *J Appl Physiol.* 1987;63:167–74.
36. Bishop D, Bonetti D, Dawson B. The influence of pacing strategy on VO_2 and supramaximal kayak performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:1041–7.
37. Gastin PB, Costill DL, Lawson DL, Krzeminski K, McConell GK. Accumulated oxygen deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:255–63.
38. Barstow TJ, Molé PA. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J Appl Physiol.* 1991;71:2099–106.
39. Morgan DW, Baldini FD, Martin PE, Kohrt WM. Ten kilometer performance and predicted velocity at $\text{VO}_{2\text{max}}$ among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21:78–83.
40. Robinson S, Robinson DL, Mountjoy RJ, Bullard RW. Influence of fatigue on the efficiency of men during exhausting runs. *J Appl Physiol.* 1958;12:197–201.
41. Hanon C, Thépaut-Mathieu C, Vandewalle H. Determination of muscular fatigue in elite runners. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94:118–25.



Original article

Effects of aerobic and resistance training of long duration on pro- and anti-inflammatory cytokines in rats



C.M.S. Silva^a, R.C. Vieira-Junior^b, J.C.R. Trombeta^c, T.R. Lima^a, G.A. Fraga^a, M.S. Sena^a, E.T.P. Ávila^a, R.A. Tibana^d, J. Prestes^d, J.W. Navalta^e, F.A. Voltarelli^{a,*}

^a Federal University of Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, Brazil

^b State University of Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres, Brazil

^c University of Campinas (UNICAMP), Campinas, Brazil

^d Post-Graduate Program on Physical Education, Catholic University of Brasília (UCB), Brasília, Brazil

^e University of Nevada Las Vegas, NV, United States

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1 July 2015

Accepted 17 February 2016

Available online 6 September 2016

Keywords:

Aerobic training

Resistance training

Cytokines

Inflammation

ABSTRACT

Objective: To determine possible changes in serum concentrations of pro- and anti-inflammatory cytokines of eutrophic rats subjected to aerobic or resistance physical training.

Methods: This study examined serum concentrations of TNF- α , IFN- γ , IL-6, IL-10 and IL-1- β in rats that performed aerobic or resistance training for 16 weeks. Thirty-five Wistar rats (male adult) were divided into three groups: Control Group (CG), Aerobic Group (AG) and Resistance Group (RG). Rats were sacrificed 48 h after the final training session. Serum concentrations of cytokines were analysed by ELISA.

Results: TNF- α levels were higher in the RG, followed by the AG and CG groups ($p < 0.001$). IFN- γ and IL-10 levels were not significantly different between groups ($p = 0.097$ and $p = 0.17$, respectively). The levels of IL6 and IL1- β were higher in AG compared to RG and CG ($p = 0.0004$ and $p = 0.003$, respectively). In general, our results indicate a higher pro-inflammatory profile in AG and probably RG animals.

Conclusion: Further studies are required in order to better clarify the effects of aerobic and resistance exercise training on pro- and anti-inflammatory cytokines. Additionally, future studies should address the metabolic and molecular pathways involved in these responses.

© 2016 Consejería de Turismo 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 de entrenamientos aeróbico y de resistencia de larga duración acerca de citocinas pro y antiinflamatorias en ratas

RESUMEN

Objetivo: Determinar posibles cambios en las concentraciones séricas de citoquinas pro y antiinflamatorias de ratas eutróficas sometidas a entrenamiento físico aeróbico y de resistencia.

Método: Se examinaron las concentraciones séricas de TNF- α , IFN- γ , IL-6, IL-10 e IL-1- β en ratas sometidas a entrenamiento aeróbico o de resistencia de 16 semanas de duración. Treinta y cinco ratas Wistar (macho adulto) fueron divididas en 3 grupos: Grupo Control (GC), Grupo Aeróbico (GA) y Grupo Resistencia (GR). Las ratas se sacrificaron 48 horas después de la sesión de entrenamiento final. Las concentraciones séricas de las citoquinas se analizaron por ELISA.

Palabras clave:

Entrenamiento aeróbico

Entrenamiento de resistencia

Citoquinas

Inflamación

* Corresponding author at: Faculty of Physical Education – Federal University of Mato Grosso, Fernando Corrêa da Costa Avenue, n.º. 2367, Boa Esperança, Cuiabá, MT 78060-900, Brazil.

E-mail address: favoltarelli@ufmt.br (F.A. Voltarelli).

Resultados: Los niveles de TNF- α fueron mayores en el GR, seguido por los grupos de GA y GC ($p < 0.001$). Los niveles de IFN- γ e IL-10 no fueron significativamente diferentes entre los grupos ($p = 0.097$ y $p = 0.17$, respectivamente). Los niveles de IL-6 e IL-1- β fueron mayores en GA comparado con GR y GC ($p = 0.0004$ y $p = 0.003$, respectivamente). En general, nuestros resultados indican mayor perfil antiinflamatorio en GA y probablemente en GR.

Conclusión: Se necesitan estudios adicionales para aclarar mejor los efectos de un entrenamiento aeróbico o de resistencia en las citoquinas pro y antiinflamatorias. Además, los estudios futuros deben abordar las vías metabólicas y moleculares involucradas en estas respuestas.

© 2016 Consejería de Turismo 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 aeróbico e de resistência na longa duração sobre as citocinas pró e anti-inflamatórias de ratos

R E S U M O

Palavras-chave:

Treinamento aeróbico
Treinamento de resistência
Citoquinas
Inflamação

Objetivo: Determinar as possíveis alterações nas concentrações séricas de citocinas pró e anti-inflamatórias de ratos eutróficos submetidos a treinamento físico aeróbico ou resistência.

Método: Este estudo examinou a concentração sérica de TNF- α , IFN- γ , IL-6, IL-10 e IL-1- β em ratos que realizaram treinamento aeróbico e de resistência durante 16 semanas. Trinta e cinco ratos Wistar (macho adulto) foram divididos em 3 grupos: grupo controle (GC), grupo aeróbico (GA) e grupo de resistência (GR). Os ratos foram sacrificados 48 horas após a sessão de treino final. As concentrações séricas de citocinas foram analisadas por ELISA.

Resultados: Os níveis de TNF- α foram maiores no GR, seguindo-se os grupos GA e GC ($p < 0.001$). IFN- γ e os níveis de IL-10 não foram significativamente diferentes entre os grupos ($p = 0.097$ e $p = 0.17$, respectivamente). Os níveis de IL-6 e IL-1- β foram maiores em GA, quando comparados com GC e GR ($p = 0.0004$ e $p = 0.003$, respectivamente). Em geral, os nossos resultados indicam um perfil pró-inflamatório maior nos animais do GA e, provavelmente, no GR.

Conclusão: Mais estudos são necessários para melhor esclarecer os efeitos do treinamento físico aeróbico e resistência sobre as citocinas pró e anti-inflamatórias. Além disso, estudos futuros devem abordar as vias metabólicas e moleculares envolvidas nestas respostas.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

Noncommunicable chronic diseases (NCCDs) are currently responsible for the majority of deaths in many countries. The main NCCDs related to these deaths are cardiovascular disease, cancer, chronic respiratory diseases, diabetes *mellitus* and mental illness. It is known that the emergence of NCCDs is related to exposure to risk factors such as hypertension, smoking, hypercholesterolemia, low consumption of fruits and vegetables, overweight and obesity, alcohol abuse and physical inactivity¹.

In relation to a sedentary lifestyle, physical activity levels have declined worldwide, with sedentary behaviour at work and during leisure time, as well as the use of “passive” means of transport partly explaining this phenomenon. Physical inactivity is responsible for causing 6% of all deaths and is the fourth major global mortality risk factor. Several authors have demonstrated an association between physical inactivity and NCCDs.¹ Moreover, the association between NCCDs and its risk factors (metabolic syndrome, type 2 diabetes *mellitus*, obesity and atherosclerosis, for example) and systemic low-grade inflammation in different populations has been investigated and established.^{2,3}

Obesity is a clear example of this association since the increase in visceral fat induces increased secretion of pro-inflammatory cytokines, and results in the initiation of low-grade chronic inflammation.⁴ Cytokines can be classified according to their function, namely pro-inflammatory (interleukin-1 β (IL-1 β), interleukin-6 (IL-6), interleukin-8 (IL-8), tumour necrosis factor alpha (TNF- α), interferon (IFN), among others) or anti-inflammatory (interleukin-4 (IL-4), interleukin-10 (IL-10), interleukin-13 (IL-13), and receptor antagonist IL-1 (IL-1ra)),

characterized by inducing the increase in the inflammatory process or its decrease, respectively. Thus, chronic low-grade inflammation is due, among other factors, to the increased production of pro-inflammatory cytokines.^{5,6}

Studies have shown the protective effect of regular exercise against inflammation. This may be attributed, at least in part, to the anti-inflammatory response generated by exercise, which is partly mediated by IL-6 derived from skeletal muscle. Physiological concentrations of IL-6 stimulate the appearance of anti-inflammatory cytokines in the circulation and inhibit the production of pro-inflammatory cytokines.⁷

In addition, IL-6 appears to stimulate lipolysis and fat oxidation. The anti-inflammatory effects of regular exercise may protect against insulin resistance induced by TNF- α . It has also been proposed that IL-6 and other cytokines, which are produced and released by skeletal muscles (i.e., IL-15), exert their effects on other organs. Thus, they may be termed myokines,⁸ which may mediate the beneficial effects of physical exercise as they play an important role in protecting the body against diseases associated with systemic low-grade inflammation. On the other hand, when the IL-6 is not produced by the skeletal muscle, but by the adipose tissue (in this case, IL-6 it would become an adipokine), it exerts pro-inflammatory effects.^{4,9}

However, important issues regarding the performance of physical exercise still need to be elucidated, that is: what is the best exercise (aerobic or resistance) for the production of anti-inflammatory cytokines at the expense of pro-inflammatory that, in turn, will act positively on healthy bodies, via the blood stream, on other tissues? Another area that needs further investigation is the ability of exercise-induced skeletal muscle contraction to

self-regulate both the pro-inflammatory mechanisms and the anti-inflammatory processes.

Thus, the present study was conducted in order to determine possible changes in serum concentrations of pro- and anti-inflammatory cytokines of eutrophic rats subjected to aerobic or resistance physical training. The initial hypothesis of the study is that there will be positive changes in the concentration of cytokines in animals subjected to aerobic or resistance training compared to a sedentary group. The relevance of this work consists in the possibility of providing theoretical and practical evidence in relation to mechanisms of anti- and pro-inflammatory cytokines originating from two distinct modes of physical training.

Method

Animals

All procedures followed specific Brazilian resolutions with respect to bioethics in animal experiments (Law no. 6638, of May 8, 1979 and Decree no. 26645 of July 10, 1934). This study was approved by the Ethics Committee for Research on Animals of the Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, Brazil (Protocol 23108.4916/12-0).

Thirty-five male Wistar rats (*Rattus norvegicus*), that were 60 days old at the start of the experiment were used for the investigation. The Central Animal House of the Federal University Mato Grosso provided the animals. Animals were placed in collective cages (six animals per cage) made of polyethylene and kept in a room where the temperature was maintained at $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 50–55% humidity, and controlled under a 12 h light–dark cycle (lights on at 0600 h and off at 1800 h). Animals were provided with commercial rodent feed (*Presence*[®]) and water ad libitum.

The animals were randomly divided into three groups:

- Control Group ($n = 12$; CG): rats kept sedentary throughout the experimental period.
- Aerobic Group ($n = 11$; AG): rats subjected to physical training of swimming, 90–205 days of age.
- Resistance Group ($n = 12$; RG): rats subjected to resistance physical training (jumps into the water), of 90–205 days of age.

Body weight as well as food and water intake were measured once a week (Sartorius[®], precision of 10 g).

Experimental procedures

Liquid environment acclimation

Water acclimation was carried out according to the protocol of Voltarelli et al.¹⁰ This acclimation was performed with the purpose of reducing stress in the animals during physical exercise, yet without promoting physiological adaptations arising from chronic exercise training. This involved maintaining animals belonging to trained groups in contact with deep water at a temperature of $31 \pm 1^\circ\text{C}$ (thermometer, Initial[®]), for 2 weeks, 5 days a week for 60 min.¹¹

Adaptation period to chronic physical training

In the two consecutive weeks following acclimation to water, the animals were subjected to a period of adaptation to physical training with lead overloads (small bags of fabric [cotton] with elastic and Velcro[®]) tied to their chests. The group that performed aerobic swim training carried a load equivalent to 5% of the body weight.¹⁰ The group subjected to resistance training, did

Table 1

Schedule of adaptation to the liquid environment and the physical training of swimming and resistance.

Day	Aerobic Group (time of training in min)	Resistance Group (number of series × number of executions)	Week
1–10	Adaptation to the liquid environment (60 min, 5 × per week)		1st and 2nd
11	10	1 × 5	3rd week
12	15	1 × 8	
13	20	1 × 10	
14	25	2 × 6	
15	30	2 × 8	
16	35	2 × 10	4th week
17	40	3 × 8	
18	45	3 × 10	
19	50	4 × 8	
20	55	4 × 10	

Aerobic Group ran the training during the stipulated time for each day of adaptation. From day 14, the Resistance Group had its exercise divided into series. Between each series, rats were removed from the water and remain at rest in a cage for 1 min.

so by jumping into the water with a burden equivalent to 50% of their body weight.¹² The physical training schedule was performed according to the description contained in Table 1.

At the end of the adaptation period, the rats were able to perform the physical training by themselves without any prompting from investigators.

Physical training

Rats belonging to both trained groups performed the physical training in a pool, with partitions so that the animals were able to perform the exercises without contact with each other. This was done so that the mechanics of the movement of the two types of physical training were performed correctly.

The rats belonging to AG carried out overload equivalent to 5% of the body weight (small bags [cotton] with elastic and Velcro[®], tied to the chest), 1 h, five times per week, during 16 weeks. The depth of water was appropriate to rats do not touch the tail in the bottom of the swimming pool.^{10,11}

On the other hand, the animals belonging to RG carried out overload equivalent to 50% of the body weight (cloth bags [cotton] Elastic and Velcro[®], tied to the thorax), five times per week, during 16 weeks. The resistance physical training consisted of jumps in water at a depth of 150% in relation to the naso-anal length of the animal; animals performed four series of jumps (10 jumps in each bout); the interval between each series was 1 min.¹²

Both physical training protocols are considered to be of moderate intensity.^{10–12}

Collection of biological samples

Rats belonging to all groups were sacrificed 48 h after the last training session by CO₂ inhalation followed by cervical dislocation. Blood samples were collected (5 mL) for determination of inflammation biomarkers.

Biomarkers of inflammation

The serum concentrations of IL1-β, TNF-α, IFN-γ, IL-6 and IL-10 were determined. Protocols for determination were similar because they have been standardized (commercial kits). Blood samples were collected, centrifuged for 15 min (Centrifuge Centribio 80-2B, Curitiba, PR, Brazil), for collection of 1.5 mL serum.

Table 2
Variables related to health of the animals.

Variables (unit of measure)	Control Group	Aerobic Group	Resistance Group	p-Value
Rat weight (g)	167.25 ± 33.20 ^a	189.73 ± 46.85 ^a	131.50 ± 34.27 ^a	0.030
Food intake (g feed/100 g rat)	45.52 ± 5.10	45.45 ± 5.64	42.50 ± 4.69	0.320
Water intake (mL water/100 g rat)	81.43 ± 9.23 ^a	70.93 ± 9.05 ^a	67.54 ± 6.24 ^a	0.004

^a Results are expressed as mean ± standard error. Kruskal-Wallis test with Dunn's post hoc, significance level $p < 0.05$. Statistical differences marked by letters.

Serum was collected in Eppendorf tubes and stored at -80°C in a biofreezer for further analysis. The concentrations of IL-1 β , IL-10 and IL-6 were determined by Boster Immunoleader[®] Fremont kits (CA, USA). TNF- α levels by Thermo Scientific[®] kit, Inc. (MA, USA) and IFN- γ concentration by Kit Biolegend[®], Inc. (MA, USA). The concentrations were analysed using enzyme immunoassay (ELISA) and the absorbance determined on a microplate reader (Keuha, MN, USA).

Statistical analysis

Data were analysed using SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) and were expressed as mean ± standard error. In order to verify the normality, we used the Kolmogorov–Smirnov test. To compare the mean, we used the Kruskal–Wallis test and the post hoc Dunn analysis, when necessary. The significance level was pre-set at $p < 0.05$.

Results

Variables related to health of the animals are presented in Table 2.

With respect to IL-6 levels, significantly higher values were observed ($p < 0.001$) in AG (231.2 ± 3.2) when compared to that observed in RG (188.9 ± 2.0) and CG (178.2 ± 3.2) groups.

Serum levels of IL-10 were statistically similar ($p = 0.17$) between all groups (AG: 121.2 ± 3.2 ; RG: 118.7 ± 0.8 ; CG: 122.4 ± 1.5).

With regards to the serum concentrations of IL-1 β (pg/mL) significantly higher values were found ($p = 0.003$) in AG (12.4 ± 0.9) when compared to RG (9.8 ± 0.2) and CG (8.8 ± 0.6), with RG > CG.

Serum levels of IFN- γ (pg/mL) did not differ significantly ($p = 0.097$) in all three experimental groups (AG: 12.4 ± 0.9 ; RG: 14.6 ± 2.3 ; CG: 41.6 ± 9.5).

Serum concentrations of TNF- α (pg/mL) were significantly higher ($p = 0.009$) in the RG (5.3 ± 0.6) when compared with AG (4.2 ± 0.3) and CG (3.2 ± 0.2), with AG > CG (Fig. 1).

In general, our results indicate a higher pro-inflammatory profile in AG and probably RG animals.

Discussion

It is known that exercise induces inflammation, which occurs to promote the repair and remodelling of damaged tissue, whereas many cells and components developed during the inflammatory process interact, in a local and systemic manner, to assist in this process. The primary aim of this mechanism is the re-establishment of the organic homeostasis after a single session (acute exercise) or several exercise sessions (chronic effect from exercise training).⁷ The present study examined the effect of aerobic and resistance training on the serum concentrations of pro- and anti-inflammatory cytokines as well as the body weight, and food and water intakes of animals. As general, by observing the food intake of animals, we noticed that there was no statistical difference between the groups, that is, this suggests that physical training did not change the hunger or satiety of animals. However, we noted statistical difference in water intake, which was higher in

the CG; this result may be due, at least in part, to the water intake during physical training performance, since they were performed in liquid environment all the time. However, it was not possible to measure this intake, becoming impossible the deep explanation of this finding. We also observed a decrease in the weight gain of trained animals, which was more pronounced in RG.

IL-6 was higher in the group subjected to the aerobic exercise. It is known that this type of activity, which involves greater participation of different muscle groups, causes a systemic increase in the concentration of this cytokine.¹³ On the other hand, Lira et al.⁶ did not observe the same response after training on a treadmill. These authors, on analysing the extensor digitorum longus muscle, found decreased protein expression of IL-6, whereas in the soleus muscle the same was not true. These findings are in opposition to the results of the present study. Donatto et al.¹⁴ analysed the expression of IL-6 protein in muscle from healthy mice and with induced tumour subjected to training on vertical overhead ladder and overload with 75–90% of body weight, found that mice with tumours presented IL-6 levels 90% higher than the control rats.

Nunes et al.¹⁵ found a decrease in IL-6 serum levels in rats with chronic heart failure that underwent physical training on a treadmill for 8 weeks. As mentioned earlier, in our study, IL-6 levels were higher in the group trained by swimming compared to other groups (AG and RG), showing that the type of ergometer and the organism studied (eutrophic or pathological) may generate different responses for each cytokine. Begue et al.¹⁶ analysed the expression of IL-6/STAT-responsive gene and phosphorylation of STAT3 in the deep flexor digitorum after acute resistance exercise and after 10 weeks of physical training; they found that after both an acute session and after chronic physical training, IL-6 mRNA remained upregulated, thereby justifying the hypertrophy after 10 weeks of training, since IL-6 is capable of activating satellite cells.¹⁷ This study partly confirms the results of our investigation regarding the justification of the IL-6 increase in AG. Interestingly, the same was not observed in the RG group animals. Perhaps, the training volume (1 h for the AG group and four sets of 10 jumps to the RG) may have affected these results.

The mean levels of IL-10 of the three groups analysed in this study were statistically similar. Nunes et al.,¹⁵ in a study with rats with chronic heart failure (CHF) and subjected to physical training on a treadmill, found that the serum IL-10 was higher if compared to the sedentary animals, also affected by the CHF. In another study, Nunes et al.¹⁸ observed that IL-10 presented by CHF sedentary rats were lower when compared to CHF trained rats and normal animals (sedentary and trained), showing that physical training may cause alterations in this anti-inflammatory cytokine, regardless of the presence of CHF or not. Indeed, this was not observed in our study, and an explanation for this is that the training time that we used (16 weeks) may have contributed to this result, since most studies used protocols of 8–12 weeks of physical training.

Lira et al.¹⁹ compared groups of rats submitted to different intensities of exercise (trained and induced overtrained) in four sessions of daily training and with or without recovery time between sessions (recovered and overtraining). These authors observed that the serum levels of IL-10 were higher in the group to which recovery was allowed, as this manoeuvre favoured the increase of an anti-inflammatory cytokine, which hypothetically prevented the

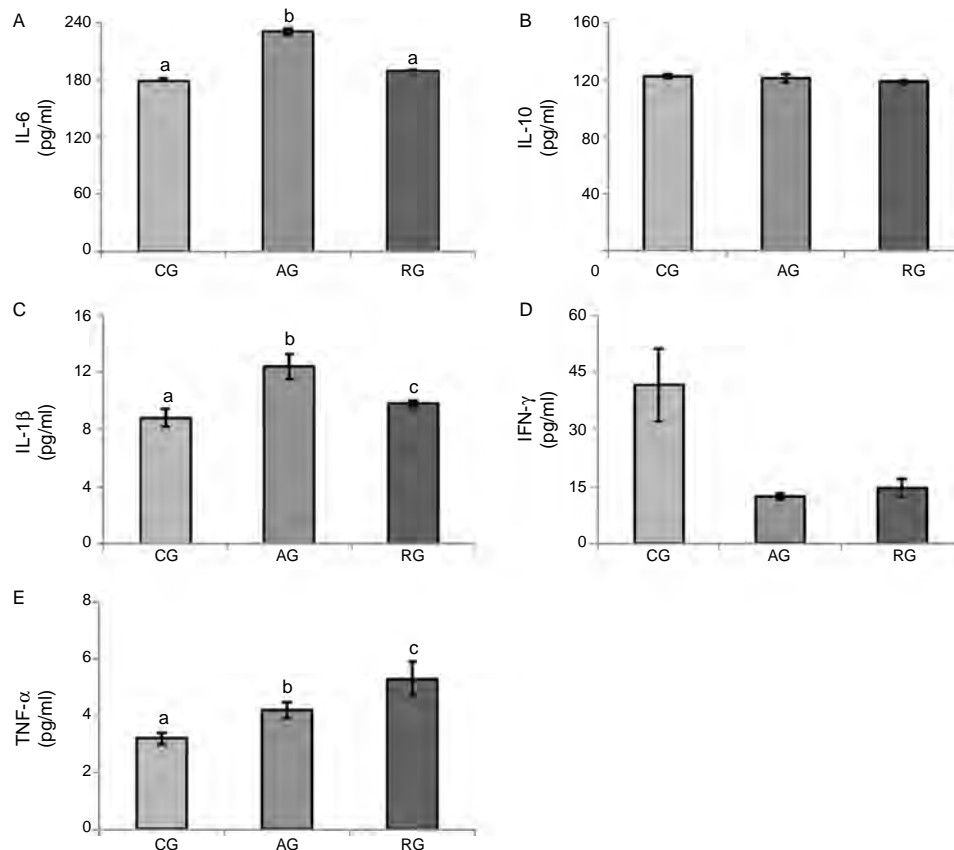


Fig. 1. Serum concentrations of interleukin-6 (IL-6) (A); interleukin-10 (IL-10) (B); interleukin-1beta (IL-1β) (C); interferon gamma (IFN-γ) (D); and tumour necrosis factor-alpha (TNF-α) (E). Results are expressed as mean ± standard error. Kruskal–Wallis test with Dunn's post hoc, significance level $p < 0.05$. CG: Control Group; AG: Aerobic Group; RG: Resistance Group. Statistical differences marked by letters ($a \neq b \neq c$).

occurrence of overtraining phenomenon in animals. These findings correlate with the results of the present study, because the animals belonging to the trained groups showed no signs of overtraining. We emphasize also, that the period of rest of the animals was always on weekends (Saturday and Sunday). However, we believe that this period of rest was not enough for elevation in the levels of IL-10 in these animals, suggesting a reduction in the days of physical training (we used 5, and perhaps should have used 3) in future studies.

Serum levels of IL-1β were higher in AG compared to others, with $RG > CG$. It is known that IL-1β acts in conjunction with TNF-α in the production of substances that facilitate leucocyte adhesion. We suggest that higher levels of IL-1β in AG are due, at least in part and in a hypothetical way, to the need for increased recruitment of muscles involved in the execution of the exercise, because AG exercised for the duration of 1 h continuously, while RG performed four series of jumps, ending the activities soon after. This fact may have led to an increase in the concentration of this cytokine, which is necessary for the synthesis of acute phase proteins by the liver, mainly acting on the containment of systemic inflammation.

Two important studies have been conducted on animals and IL-1β. Recently, Pervaiz and Hoffman-Goetz²⁰ observed in mice subjected to acute aerobic exercise (treadmill), increase in IL-1β concentration in intestinal lymphocytes. Previously, Mussi et al.,²¹ in a study with rats affected by ischaemia and difficulties in reperfusion, found that after physical training on a treadmill for 8 weeks, elevated serum levels of IL-1β, or both after acute session such as the end of a 10-week physical training period, the levels (serum and/or organic) of IL-1β were increased, confirming the results of

our study, especially with regard to the AG group. There are no studies in the literature that determine IL-1β after resistance training in rats, being our study the first one; this fact undermines the comparison of our findings and possible speculation. On the other hand, it is important to emphasize that animals belonging to RG presented values of this cytokine higher than the CG. In addition, it is noteworthy that RG was the group with higher levels of TNF-α, which may have affected IL-1β elevation in this group.

IFN-γ levels were statistically similar in the three groups. Lesniewski et al.²² determined the serum concentration of IFN-γ in elderly rats that exercised voluntarily (activity wheel). The authors observed that this cytokine was lower in the exercised animals, which do not agree with our results. Similarly, and although it was done with humans (there are no studies with animals vs. aerobic exercise and/or IFN-γ vs. resistance exercise), the work done by Golzari et al.,²³ verified that serum levels of IFN-γ were lower in women with multiple sclerosis after 8 weeks of combined training (aerobic + resistance). Farinha et al.²⁴ analysed pro- and anti-inflammatory cytokines in women with metabolic syndrome before and after 12 weeks of moderate aerobic training, which promoted inflammatory process improvement, i.e., increased levels of anti-inflammatory cytokines and decreased concentrations of pro-inflammatory, including IFN-γ.

In this sense, the sedentarism condition resembles the pathological condition with regard to IFN-γ, showing that regular exercise seems to be a great ally to reduce this cytokine. IFN-γ is considered one of the most important pro-inflammatory cytokines, because it acts directly on the response to intracellular bacteria. Therefore, based on our finds, we suggest that both types of physical training

were not able to improve the functioning of immune system of the animals, once it was not observed significant differences in relation to this variable in all groups analysed.

In this study, RG had higher serum levels of TNF- α , with AG > CG. These results are controversial with respect to literature, since previous studies have shown a decrease in TNF- α , the main pro-inflammatory cytokine. Pervaiz and Hoffman-Goetz²⁰ observed in mice subjected to acute aerobic exercise, a decrease in TNF- α concentration in intestinal lymphocytes. Our results do not support the above finding. It is known that higher levels (not exacerbated) of TNF- α can be related to the suppression of lipogenesis via the inhibition of the enzyme lipoprotein lipase.²⁵

A relevant question inherent to our study is that physical training protocols (both aerobic and resistance) were applied for 16 weeks (the vast majority of studies use 8–12 weeks of training). We suggest that many of the responses related to cytokines are associated to this important issue, since the total time of physical training can influence these variables in different ways. Unfortunately, we did not perform the determinations on all variables in the eighth week of physical training for comparison purposes. This is another limitation of the present study that will be addressed in future studies in our laboratory.

Future research regarding the best type of exercise in relation to the pro- and anti-inflammatory cytokines are required, since there are no studies in the literature with this characteristic, with the present investigation being the pioneering work.

Finally, studies that address the metabolic and molecular pathways involved in these responses need to be conducted to improve understanding of the question of aerobic training vs. resistance physical training with respect to the overall cytokine profile; it is important to point out that the training time used in this study (16 weeks) may have influenced some results, for example, the increase in TNF- α , IL-1 β and IL-6 in both groups when compared to the sedentary animals.

Conflict of interest

The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

Acknowledgments

This study was funded by grant from the Brazilian Foundation “National Council for Scientific and Technological Development (CNPq)” (Process number: 470071/2011-7). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish or preparation of the manuscript.

References

1. Malta DC, Cezário AC, Moura L, Morais Neto OL, Silva Junior JB. The construction of surveillance and prevention of chronic non-communicable diseases in the context of Unique System of Health. *Epidemiol Serv Saúde*. 2006;15:47–65.
2. Duncan BB, Schmidt MI, Pankow JS, Ballantyne CM, Couper D, Vigo A, et al. Low-grade systemic inflammation and the development of type 2 diabetes: the atherosclerosis risk in communities study. *Diabetes*. 2003;52:1799–805.
3. Martín-Cordero L, García JJ, Hinchado MD, Ortega E. The interleukin-6 and nor-adrenaline mediated inflammation-stress feedback mechanism is dysregulated in metabolic syndrome: effect of exercise. *Cardiovasc Diabetol*. 2011;10:1–9.
4. Petersen AM, Pedersen BK. The anti-inflammatory effect of exercise. *J Appl Physiol*. 2005;98:1154–62.
5. Libby P, Ridker PM, Maseri A. Inflammation and atherosclerosis. *Circulation*. 2002;105:1135–43.
6. Lira FS, Koyama CH, Yamashita AS, Rosa JC, Zanchi NE, Batista ML Jr, et al. Chronic exercise decreases cytokine production in healthy rat skeletal muscle. *Cell Biochem Funct*. 2009;27:458–61.
7. Da Silva FOC, Macedo DV. Physical exercise, inflammatory process and adaptive condition: an overview. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2011;13:320–8.
8. Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, Keller C, Keller P, Plomgaard P, et al. Searching for the exercise factor: is IL-6 a candidate? *J Muscle Res Cell Motil*. 2003;24:113–9.
9. Zago A, Fabrizzi F, Rodrigues W, Oliveira LCN, Mitidiero J, Jokura A. Effects of physical exercise on chronic inflammatory state of low-grade induced obesity. *Rev Fac Odontol Aracatuba*. 2013;34:27–32.
10. Voltarelli FA, Gobatto CA, de Mello MA. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. *Braz J Med Biol Res*. 2002;35:1389–94.
11. Marangon L, Gobatto CA, Mello MAR, Kokubun E. Utilization of an hyperbolic model for the determination of the critical load in swimming rats. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:S149.
12. Rogatto GP, Luciano E. Influência do treinamento físico intenso sobre o metabolismo de proteínas. *Motriz*. 2001;7:75–82.
13. Fischer CP. Interleukin-6 in acute exercise and training: what is the biological relevance? *Exerc Immunol Rev*. 2006;12:6–33.
14. Donatto FF, Neves RX, Rosa FO, Camargo RG, Ribeiro H, Matos-Neto EM, et al. Resistance exercise modulates lipid plasma profile and cytokine content in the adipose tissue of tumour-bearing rats. *Cytokine*. 2013;61:426–32.
15. Nunes RB, Alves JP, Kessler LP, Dal Lago P. Aerobic exercise improves the inflammatory profile correlated with cardiac remodeling and function in chronic heart failure rats. *Clinics (Sao Paulo)*. 2013;68:876–82.
16. Begue G, Douillard A, Galbes O, Rossano B, Vernus B, Candau R, et al. Early activation of rat skeletal muscle IL-6/STAT1/STAT23 dependent gene expression in resistance exercise linked to hypertrophy. *PLoS ONE*. 2013;8:e57141.
17. Serrano AL, Baeza-Raja B, Perdiguer E, Jardí M, Muñoz-Cánoves P. Interleukin-6 is an essential regulator of satellite cell-mediated skeletal muscle hypertrophy. *Cell Metab*. 2008;7:33–44.
18. Nunes RB, Tonetto M, Machado N, Chazan M, Heck TG, Veiga AB, et al. Physical exercise improves plasmatic levels of IL-10, left ventricular end-diastolic pressure, and muscle lipid peroxidation in chronic heart failure rats. *J Appl Physiol*. 2008;104:1641–7.
19. Lira FS, Rosa JC, Pimentel GD, Tarini VA, Arida RM, Faloppa F, et al. Inflammation and adipose tissue: effects of progressive load training in rats. *Lipids Health Dis*. 2010;9:109.
20. Pervaiz N, Hoffman-Goetz L. Immune cell inflammatory cytokine responses differ between central and systemic compartments in response to acute exercise in mice. *Exerc Immunol Rev*. 2012;18:142–57.
21. Mussi RK, Camargo EA, Ferreira T, De Moraes C, Delbin MA, Toro IF, et al. Exercise training reduces pulmonary ischaemia-reperfusion-induced inflammatory responses. *Eur Respir J*. 2008;31:645–9.
22. Lesniewski LA, Durrant JR, Connell ML, Henson GD, Black AD, Donato AJ, et al. Aerobic exercise reverses arterial inflammation with aging in mice. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2011;301:H1025–32.
23. Goltzari Z, Shabkhiz F, Soudi S, Kordi MR, Hashemi SM. Combined exercise training reduces IFN- γ and IL-17 levels in the plasma and the supernatant of peripheral blood mononuclear cells in women with multiple sclerosis. *Int Immunopharmacol*. 2010;10:1415–9.
24. Farinha JB, Steckling FM, Stefanello ST, Cardoso MS, Nunes LS, Barcelos RP, et al. Response of oxidative stress and inflammatory biomarkers to a 12-week aerobic exercise training in women with metabolic syndrome. *Sports Med Open*. 2015;1:19.
25. Kern PA, Saghizadeh M, Ong JM, Bosch RJ, Deem R, Simsollo RB. The expression of tumor necrosis factor in human adipose tissue. Regulation by obesity, weight loss, and relationship to lipoprotein lipase. *J Clin Invest*. 1995;95:2111–9.



Original

Impacto do agachamento em superfície estável e instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos



P.C.R. Silva, V.H. de Oliveira*, E.C.A. Neto, K.P.M. Azevedo, G.M. Rebouças e M.I. Knackfuss

Programa de Pós-Graduação em Saúde e Sociedade (PPGSS), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró/RN, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 10 de abril de 2015

Aceite a 28 de setembro de 2015

On-line a 6 de setembro de 2016

Palavras-chave:

Envelhecimento

Equilíbrio

Desempenho funcional

R E S U M O

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito agudo de uma única série de agachamento realizado em uma superfície estável e outra instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos.

Método: O estudo do tipo experimental contou com 30 idosos (66.4 ± 6.2 anos) de ambos os sexos. Os idosos foram submetidos aos testes de apoio tandem (equilíbrio estático), com e sem privação visual, e ao *Four Square Step Test* (equilíbrio dinâmico). Em seguida, de forma aleatória, os idosos foram divididos em 2 grupos, onde um grupo executou 10 repetições de agachamento em superfície estável e outro grupo em superfície instável. Após um minuto, os idosos realizaram novamente os testes de equilíbrio. Sete dias após, os idosos realizaram o mesmo procedimento, no entanto, inverteram o tipo de superfície do agachamento. O teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar os valores pré e pós-intervenção. O nível de significância adotado foi de $p < 0.05$.

Resultados: No teste de equilíbrio estático, somente na situação com privação visual foram encontradas diferenças significativas, tanto após o agachamento estável ($p = 0.015$) como no instável ($p = 0.003$). Já no equilíbrio dinâmico, apenas após o agachamento instável foi observada diferença significativa ($p = 0.026$). Ambas as diferenças representam melhoras no desempenho dos testes.

Conclusão: Conclui-se que a intervenção em superfície instável apresentou melhores impactos no desempenho do equilíbrio dos idosos do presente estudo. Desta forma, ressaltamos a importância da avaliação do equilíbrio na população idosa, para assim direcionar um programa de treinamento mais adequado para essa população.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Impacto de sentadillas en superficie estable e inestable en equilibrio estático y dinámico de personas mayores

R E S U M E N

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue investigar el efecto agudo de una única serie de sentadillas, realizadas sobre una superficie estable y otra inestable, en el equilibrio estático y dinámico de ancianos.

Método: El estudio de tipo experimental incluyó 30 ancianos (66.4 ± 6.2 años) de ambos sexos. Los ancianos fueron sometidos a pruebas de apoyo tandem (equilibrio estático) con y sin privación visual y *Four Square Step Test* (equilibrio dinámico). Los ancianos fueron divididos aleatoriamente en dos grupos, un grupo realizó 10 repeticiones de sentadillas sobre una superficie estable y otro grupo en una superficie inestable. Después de un minuto, los ancianos realizan nuevamente pruebas de equilibrio. Siete días más tarde, los ancianos realizan el mismo procedimiento, en esta ocasión invirtiendo el tipo de superficie sobre la que se realizaron las sentadillas. Se utilizó el test de Wilcoxon para comparar los resultados de antes y después de la intervención. El nivel de significación se fijó en $p < 0.05$.

Palabras clave:

Envejecimiento

Equilibrio

Capacidad funcional

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: victorhugoef@hotmail.com (V.H. de Oliveira).

Resultados: En la prueba de equilibrio estático, las diferencias con privación visual, fueron significativas, tanto después de sentadillas en superficie estable ($p = 0.015$) como en inestable ($p = 0.003$). En el equilibrio dinámico, sólo después de la sentadilla en superficie inestable se observó una diferencia significativa ($p = 0.026$). Ambas diferencias representan mejoras en la realización de las pruebas.

Conclusiones: Concluimos que la intervención sobre una superficie inestable mostró mejores impactos en el rendimiento del equilibrio de nuestros pacientes de edad avanzada. Destacamos la importancia de la prueba de equilibrio en los ancianos y así proponer un programa de entrenamiento más adecuado para esta población.

© 2016 Consejería de Turismo 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/>).

The impact of squat on stable and unstable surface on static and dynamic balance of elderly

A B S T R A C T

Keywords:

Aging
Balance
Functional performance

Objective: The aim of this study was to investigate the acute effect of a single set of squat performed on a stable and unstable surface on the static and dynamic balance in elderly.

Method: The experimental study included 30 elderly (66.4 ± 6.2 age) of both sexes. The elderly were submitted to tandem stance tests (static balance) with and without visual deprivation and to the Four Square Step Test (dynamic balance). Then, randomly, the elderly were divided into two groups, one group performed 10 repetitions of squats on a stable surface and another group on an unstable surface. After 1 minute, the elderly repeated the balance tests. Seven days later, the elderly performed the same procedure, however, inverted the type of squat surface. The Wilcoxon test was used to compare the pre- and post-intervention. The significance level was set at $p < 0.05$.

Results: In static balance test, only after the situation with visual deprivation were observed significant differences both after stable squat ($p = 0.015$) and after unstable ($p = 0.003$). In the dynamic balance, just after the unstable squat was observed significant difference ($p = 0.026$). Both differences represent improvements in the performance of the tests.

Conclusion: It is concluded that the intervention on an unstable surface showed better impacts on the elderly's balance performance. Thus, we emphasize the importance of the balance assessment in elderly people and so direct a more appropriate training program for this population.

© 2016 Consejería de Turismo 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

O controle postural dinâmico requer informações fornecidas pelo sistema visual, sensores de equilíbrio vestibular e somatosensoriais, suas interpretações centrais no cérebro e, finalmente, a geração de uma resposta motora. O déficit relacionado com o envelhecimento em algum destes sistemas pode resultar em uma alteração do controle postural, culminando assim com o aumento do risco de quedas¹.

O envelhecimento está associado com déficit visual, disfunção vestibular e com alteração progressiva da propriocepção; no entanto, os idosos parecem depender principalmente das vias aferentes visuais para manter o equilíbrio. Além disso, o envelhecimento também está associado com a diminuição da força muscular que afeta diretamente as principais funções posturais relacionadas ao equilíbrio².

Os estudos afirmam que o treinamento físico permite reduzir o comprometimento do equilíbrio relacionado com a idade, agindo sobre a resposta motora através do aumento da força muscular, principalmente de membros inferiores. Vários protocolos de treinamento têm sido indicados para a melhora desse aspecto, incluindo programas de exercícios tradicionais de força, flexibilidade e de instabilidade ou proprioceptivo³.

Apesar de ser negligenciado, o treino proprioceptivo provoca melhora da função sensório-motora e, assim, auxilia no desempenho funcional do equilíbrio, sendo mais evidente em sujeitos idosos por apresentarem um déficit mais prevalente⁴. Recentemente, maior atenção tem sido dada às abordagens que buscam melhorar a função sensório-motora, enfatizando as vias sensoriais,

tais como o treinamento de propriocepção em plataformas de equilíbrio^{5,6}.

O treinamento proprioceptivo pode permitir que indivíduos idosos desenvolvam habilidades motoras adequadas para lidar com as forças potencialmente desestabilizadores ocorrentes durante as atividades da vida diária⁷⁻⁹. No entanto, apesar de haver estudos comprovando os benefícios da propriocepção no equilíbrio, há escassez de informação sobre o impacto agudo do exercício agachamento realizado em diferentes tipos de solo no equilíbrio de idosos.

Sendo assim, a proposta deste estudo foi investigar o efeito agudo de uma única série de 10 repetições de agachamento realizado em uma superfície estável e outra instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos. A hipótese é de que o agachamento em superfície instável promova ganhos agudos mais significativos no desempenho do equilíbrio justificado pelo maior estresse neuromuscular, o que é mais decorrente em situações proprioceptivas.

Método

A pesquisa se caracterizou como experimental do tipo ensaio controlado cruzado (*crossover*), onde toda a amostra foi exposta aos 2 tipos de tratamento. No primeiro encontro, um grupo executou 10 repetições de agachamento em superfície estável, enquanto o outro executou 10 repetições de agachamento em superfície instável. Após uma pausa temporal de 7 dias (*washout*), houve a inversão dos tratamentos¹⁰ (fig. 1).

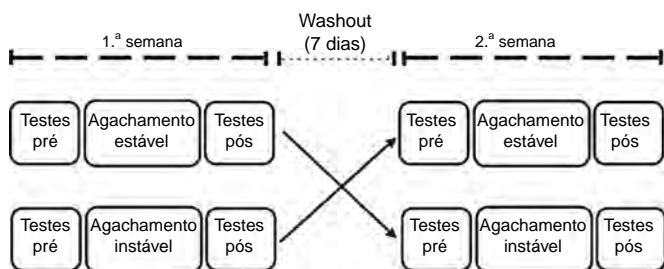


Figura 1. Desenho experimental do estudo.

Amostra

O presente estudo contou com uma amostra composta por 30 idosos, previamente sedentários (66.4 ± 6.2 anos; 73.3 ± 11.6 kg; 1.60 ± 0.1 metros; 29.0 ± 2.5 IMC), de ambos os sexos (masculino $n = 5$; feminino $n = 25$), os quais foram recrutados através de anúncios fixados em murais de estabelecimentos públicos próximos da universidade, convidando-os para uma reunião onde seriam apresentados os objetivos da pesquisa.

Como critérios de inclusão, foi estabelecido que os idosos deveriam apresentar: a) respostas negativas em todos os itens do Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q); b) autorrelato de nenhuma modificação de hábitos relativos ao exercício físico nos 6 meses antecedentes ao início das avaliações; c) autorrelato de nenhum tratamento medicamentoso para distúrbio musculoesquelético; d) autorrelato histórico negativo de quedas.

Todos os participantes foram inicialmente esclarecidos sobre os procedimentos da pesquisa e, os que aceitaram participar, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme as Normas de Realização de Pesquisas com Seres Humanos (resolução n.º 466/12 do CNS). A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, sob o parecer n.º 486.551.

Procedimentos

Teste de equilíbrio estático

O teste de apoio tandem, que avalia o equilíbrio estático, mensura o tempo em que o sujeito consegue manter-se equilibrado, em pé, com os pés alinhados, de forma que a extremidade dos dedos de um pé toque o calcanhar do outro¹¹⁻¹³.

Hile et al.¹⁴ afirmam que, apesar de não ser uma posição natural, o teste de apoio tandem é amplamente utilizado em avaliações clínicas de equilíbrio e apresenta boa acurácia na predição da exposição ao risco de queda em condições críticas. Antes de iniciar o teste, os idosos receberam as seguintes instruções: «Tente ficar o maior tempo possível na posição do teste evitando tentar olhar para baixo. Tente manter seu corpo ereto durante toda a sequência».

Teste de equilíbrio dinâmico

A avaliação do equilíbrio dinâmico foi realizada através da aplicação do *Four Square Step Test* (FSST), o qual avalia o tempo em que o sujeito executa uma tarefa referente a deslocamentos dentro de um quadrado, em formato de cruz, fixo ao chão, onde cada lado refere-se a um número de 1-4. O participante parte do quadrado 1-2-3-4, orientado pelo sentido horário, seguido da execução anti-horária 4-3-2-1, sendo registrado o menor tempo de execução de 3 tentativas. As seguintes instruções foram dadas aos sujeitos: «Tente completar a sequência o mais rápido possível sem tocar nas linhas da cruz. Ambos os pés devem fazer contato com o chão em cada quadrado. Se possível, mantenha-se olhando para frente durante toda a sequência».

Entre as qualidades do FSST, destacam-se o potencial de realização, a validade, a rapidez da aplicação, a possibilidade de execução em pequenos espaços e a não exigência de equipamentos sofisticados, o que torna o FSST um teste de grande possibilidade de execução, mesmo em situações de pouco recurso. No estudo de validação do teste, coeficientes de correlação intraclass (CCI) encontraram ainda excelente índice de reprodutibilidade interexaminadores (CCI = 0.99) e teste-reteste (CCI = 0.98)¹⁵, além de forte relação entre o FSST e o *Step Test* ($r = -0.83$; $p < 0.001$) e *Timed Up and Go Test* (TUG) ($r = 0.88$; $p < 0.001$).

Delineamento experimental

Os idosos compareceram ao laboratório em 2 momentos. No primeiro, foram realizados os testes de apoio tandem de 2 formas: sem privação visual (SPV) e com privação visual (CPV), e também o teste de equilíbrio dinâmico FSST. Cada avaliação se iniciou 30 segundos após o término do teste anterior. Para a avaliação CPV foi utilizada uma venda escura cobrindo toda a visão do sujeito.

Em seguida, foram realizadas 10 repetições de agachamento, em solo fixo ou instável, definido previamente de forma randomizada. Logo após (um minuto), os idosos realizaram novamente os testes de apoio SPV, CPV e o FSST. Após uma semana, os idosos compareceram novamente ao laboratório para realizar o mesmo procedimento; no entanto, o agachamento foi realizado em solo oposto ao que o idoso realizou no primeiro encontro.

Os testes foram realizados numa sala reservada, com umidade relativa do ar de 60% e temperatura de 22 °C. Somente um idoso permanecia na sala no momento da avaliação e todos foram instruídos a não manter contato entre si, para não haver qualquer tipo de influência nas avaliações. Durante os testes, optou-se como limite máximo o tempo de 30 segundos e como padrão foi utilizado o pé direito tocando o calcanhar do pé esquerdo e, durante os agachamentos, os idosos foram previamente orientados a realizá-lo com o máximo de amplitude que conseguissem. Para o agachamento em solo instável, foi utilizada uma mini cama elástica (modelo BT100, Bioshape; São José, SC, Brasil), a qual apresenta um peso de 4 kg, tamanho 90 cm (largura) x 20 cm (altura) e capacidade de resistência até 100 kg.

Cabe salientar que os idosos realizaram 10 repetições de agachamento como forma de aprendizado do movimento e da amplitude adequada, sendo informados que, durante as avaliações, as repetições que não atingissem a amplitude determinada para flexão de joelhos ($\geq 90^\circ$) não seriam contabilizadas. Muito embora cuidados tenham sido tomados com relação à amplitude do exercício, o método escolhido apresenta algumas limitações importantes.

Análise estatística

Os dados foram apresentados com medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão). Como inferência estatística, iniciamos com o teste de normalidade de Shapiro Wilk e, dada a existência de comportamento não paramétrico em grande parte das variáveis, foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras relacionadas. Em todas as análises foi mantido um nível de significância de 95% de confiança ($p < 0.05$). As análises foram feitas com o auxílio do pacote estatístico SPSS 20.0 (Statistical Package for the Social Science, 20.0 Ink Chicago, IL, EUA).

Resultados

A **tabela 1** apresenta as comparações do tempo de execução do teste de apoio tandem SPV, CPV e do FSST após os agachamentos em diferentes solos. Não foram observadas diferenças significativas no tempo de execução do teste de apoio tandem SPV após os agachamentos em ambos os solos. No teste CPV, diferenças significativas foram encontradas tanto após o agachamento em solo estável ($p = 0.015$), como em solo instável ($p = 0.003$). No teste de

Tabela 1

Comparação do tempo (em segundos) de execução dos testes de equilíbrio tandem SPV, CPV e do FSST, após agachamento em diferentes solos

	Solo estável						p valor	Solo instável						p valor
	pré		pós					pré		pós				
SPV	27.3	±	6.1	29.3	±	2.2	ns	27.5	±	6.5	29.9	±	0.1	ns
CPV	12.2	±	9.4	16.3	±	8.9	0.015	7.6	±	3.4	14.7	±	5.8	0.003
FSST	16.0	±	7.3	13.9	±	5.3	ns	13.5	±	1.0	12.7	±	1.1	0.026

CPV : com privação visual; FSST : *Four Square Step Test*; SPV : sem privação visual; ns : não significativo. Significância = $p < 0.05$ – Wilcoxon.

equilíbrio dinâmico (FSST), apenas o agachamento em solo instável provocou melhoras significativas no tempo de execução ($p = 0.026$).

Discussão

O presente estudo propôs verificar o efeito agudo de uma única sessão de agachamento realizado em solo estável e instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos. Quanto ao equilíbrio estático, 2 metodologias diferentes foram empregadas durante o teste de apoio tandem, sendo elas SPV e CPV. Na situação SPV, apesar de ter sido observado aumento no tempo de execução do teste, não foram encontradas diferenças significativas após ambos os agachamentos. O oposto ocorreu na situação CPV, onde foram encontradas diferenças significativas após as 2 situações.

Anderson e Behm¹⁶ citam que o incremento da instabilidade durante exercícios de força gera maior estresse no sistema neuromuscular do que o treino tradicional em solo estável. Rutherford e Jones¹⁷ sugerem que a principal adaptação neural ocorrida com o treinamento não é o aumento do recrutamento ou a maior ativação de unidades motoras, mas sim um aumento na coordenação dos músculos agonistas, antagonistas, sinérgicos e estabilizadores.

No entanto, o presente estudo não verificou influência significativa do tipo de solo no equilíbrio estático, mas sim da privação do sistema visual. Para alguns autores, o sistema visual é uma das principais vias sensoriais de transmissão de informação espacial, o que explica a menor capacidade que os idosos tiveram em se manter equilibrados no teste de apoio tandem CPV^{18,19}. Por outro lado, Jeka et al.²⁰ verificaram que em condições em que a manutenção do equilíbrio é mais solicitada, como no agachamento em solo instável, as vias sensoriais motoras sofrem uma adaptação que também contribui para uma melhor percepção espacial e controle postural do indivíduo.

Já é documentado há décadas que a oscilação do corpo é maior quando há privação da visão²¹, sendo observada também durante o teste de apoio tandem²².

No estudo realizado por Sozzi et al.²³, os autores verificaram, através de técnicas de eletromiografia, que a privação da visão não alterou o perfil do recrutamento de músculos posturais durante o teste de apoio tandem, indicando que o comando neural não é afetado com a privação do sistema visual. A explicação para essa divergência de achados pode estar baseada na conclusão de alguns autores quando citam que, possivelmente, o cérebro é capaz de controlar os sistemas que mais atuarão em determinada situação de equilíbrio, sendo principalmente a visão, quando possível²⁴, ou a coordenação proprioceptiva quando houver privação da visão²⁵.

Na avaliação do equilíbrio dinâmico, sendo realizado sempre SPV para manter a segurança do idoso, pode-se concluir que as vias sensoriais motoras sofreram influência apenas do agachamento em solo instável ($p = 0.026$). Cabe ressaltar que os mecanismos neuromusculares apresentam importante função no equilíbrio, tanto em situações sem movimento, como também em movimento¹⁶.

Os resultados do presente estudo estão consistentes com outros estudos que avaliaram o efeito do treinamento proprioceptivo no equilíbrio dinâmico. Por exemplo, utilizando exercícios de Tai Chi Chuan, idosos institucionalizados apresentaram melhoras de até 12%²⁶. Em outro estudo, também utilizando exercícios de Tai Chi

Chuan, idosos obtiveram melhoras no equilíbrio dinâmico e diminuíram em 11% o risco de quedas²⁷.

A melhora no equilíbrio dinâmico após intervenções experimentais tem sido observada ainda em outros estudos^{28,29}. Os autores reforçam que a orientação espacial e a manutenção do equilíbrio requerem informações advindas do sistema vestibular, somatosensorial e, principalmente, do visual e, por isso, várias intervenções não privam a visão do sujeito.

É importante destacar que os achados dos estudos citados não se basearam no efeito agudo, o que é reflexo de uma lacuna existente na literatura sobre metodologias semelhantes à do presente estudo. Todavia, os ajustes responsáveis por causar adaptação aguda após um movimento prévio já são bem evidenciados e parecem estar relacionados à potencialização pós-ativação. Robins³⁰ explica que a potencialização pós-ativação é um fenômeno no qual o desempenho pode ser incrementado de forma aguda, decorrente a uma atividade contrátil prévia. O mecanismo responsável por este fenômeno é a maior fosforilação da miosina reguladora da cadeia leve, levando as moléculas de troponina a maior sensibilidade aos íons de cálcio. Devido a essa maior sensibilidade de interação de actina-miosina ao cálcio, tem-se um aumento do número de pontes cruzadas, melhorando assim a performance, comparado ao estado não potencializado. Em situações de instabilidade, este fenômeno tende a ser intensificado devido ao maior recrutamento neuromuscular³¹, o que pode justificar as maiores diferenças positivas encontradas neste estudo após o agachamento em superfície instável.

Desta forma, conclui-se que a intervenção em superfície instável apresentou maior benefício para o equilíbrio estático e dinâmico dos idosos do presente estudo. Adicionalmente, foi observado o impacto negativo que a privação da visão exerce no equilíbrio estático. De acordo com os achados, sugere-se que maior atenção seja dada aos exercícios proprioceptivos na hora da montagem de um programa de treinamento direcionado a idosos.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Bibliografia

1. Van Diest M, Lamoth CJ, Stegenga J, Verkerke GJ, Postema K. Exergaming for balance training of elderly: State of the art and future developments. *J Neuroeng Rehabil*. 2013;10:101.
2. Behm D, Colado JC. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*. 2012;7(2):226–41.
3. Shakoor N, Agrawal A, Block JA. Reduced lower extremity vibratory perception in osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 2008;59(1):117–21.
4. Ahmed AF. Effect of sensorimotor training on balance in elderly patients with knee osteoarthritis. *J Adv Res*. 2011;2(4):305–11.
5. Diracoglu D, Aydin R, Baskent A, Celik A. Effects of kinesthesia and balance exercises in knee osteoarthritis. *J Clin Rheumatol*. 2005;11(6):303–10.
6. Tsauo JY, Cheng PF, Yang RS. The effects of sensorimotor training on knee proprioception and function for patients with knee osteoarthritis: A preliminary report. *Clin Rehabil*. 2008;22(5):448–57.
7. Liebenson C, editor. *Rehabilitation of the spine: a practitioner's manual*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1998.
8. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part II: The role of proprioception in motor control and functional joint stability. *J Athl Train*. 2002;37(1):80–4.

9. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: The physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train.* 2002;37(1):71–9.
10. Hochman B, Nahas FX, Oliveira Filho RS, Ferreira LM. Desenhos de pesquisa. *Acta Cir Bras.* 2005;20 supl. 2:2–9.
11. Hausdorff JM, Nelson ME, Kaliton D, Layne JE, Bernstein MJ, Nuernberger A, et al. Etiology and modification of gait instability in older adults: A randomized controlled trial of exercise. *J Appl Physiol.* 2001;90(6):2117–29.
12. Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N, Islam MM. Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Prev Med.* 2003;36(3):255–64.
13. Shubert TE, Schrodt LA, Mercer VS, Busby-Whitehead J, Giuliani CA. Are scores on balance screening tests associated with mobility in older adults? *J Geriatr Phys Ther.* 2006;29(1):33–9.
14. Hile ES, Brach JS, Perera S, Wert DM, VanSwearingen JM, Studenski SA. Interpreting the need for initial support to perform tandem stance tests of balance. *Phys Ther.* 2012;92(10):1316–28.
15. Dite W, Temple VA. A clinical test of stepping and change of direction to identify multiple falling older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(11):1566–71.
16. Anderson K, Behm DG. Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. *Can J Appl Physiol.* 2005;30(1):33–45.
17. Rutherford OM, Jones DA. The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1986;55(1):100–5.
18. Maurer C, Mergner T, Peterka RJ. Multisensory control of human upright stance. *Exp Brain Res.* 2006;171(2):231–50.
19. McGuire LM, Sabes PN. Sensory transformations and the use of multiple reference frames for reach planning. *Nat Neurosci.* 2009;12(8):1056–61.
20. Jeka JJ, Oie KS, Kiemel T. Asymmetric adaptation with functional advantage in human sensorimotor control. *Exp Brain Res.* 2008;191(4):453–63.
21. Edwards AS. Body sway and vision. *J Exp Psychol.* 1946;36(6):526–35.
22. Sozzi S, Monti A, de Nunzio AM, do MC, Schieppati M. Sensori-motor integration during stance: Time adaptation of control mechanisms on adding or removing vision. *Hum Mov Sci.* 2011;30(2):172–89.
23. Sozzi S, Honeine JL, do MC, Schieppati M. Leg muscle activity during tandem stance and the control of body balance in the frontal plane. *Clin Neurophysiol.* 2013;124(6):1175–86.
24. Aruin AS, Ota T, Latash ML. Anticipatory postural adjustments associated with lateral and rotational perturbations during standing. *J Electromyogr Kinesiol.* 2001;11(1):39–51.
25. De Nunzio AM, Nardone A, Picco D, Nilsson J, Schieppati M. Alternate trains of postural muscle vibration promote cyclic body displacement in standing parkinsonian patients. *Mov Disord.* 2008;23(15):2186–93.
26. Lin MR, Hwang HF, Wang YW, Chang SH, Wolf SL. Community-based tai chi and its effect on injurious falls, balance, gait, and fear of falling in older people. *Phys Ther.* 2006;86(9):1189–201.
27. Sattin RW, Easley KA, Wolf SL, Chen Y, Kutner MH. Reduction in fear of falling through intense tai chi exercise training in older, transitionally frail adults. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(7):1168–78.
28. Hoffman M, Payne VG. The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;21(2):90–3.
29. Sinaki M, Lynn SG. Reducing the risk of falls through proprioceptive dynamic posture training in osteoporotic women with kyphotic posturing: A randomized pilot study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(4):241–6.
30. Robbins DW. Postactivation potentiation and its practical applicability: A brief review. *J Strength Cond Res.* 2005;19(2):453–8.
31. Anderson K, Behm DG. The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Med.* 2005;35(1):43–53.



Original

Efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse ao calor



S.R. Alves e Silva Camerino^{a,e}, E.H. Martin Dantas^{b,c}, R. Carvalho Pereira Lima^{d,e},
T. Casado Lima França^{a,e}, N. Monteiro de Oliveira^{a,e} e E. Seixas Prado^{a,b,e,*}

^a Programa de Pós-graduação em Nutrição, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Brasil

^b Laboratório de Biociências da Motricidade Humana (LABIMH), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brasil

^c Universidade Tiradentes (UNIT), Aracaju, Brasil

^d Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Brasil

^e Laboratório de Pesquisa em Exercício Físico e Metabolismo (LAPEFIM)

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 3 de julho de 2015

Aceite a 18 de fevereiro de 2016

On-line a 6 de setembro de 2016

Palavras-chave:

Desempenho atlético

Desidratação

Cognição

Fadiga

R E S U M O

Objetivo: Verificar o efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse térmico.

Método: Dezesesseis atletas, divididos em 2 grupos 8 oito atletas (G2%: 34.1 ± 2.3 anos; e G3%: 32.5 ± 2.2 anos), realizaram 2 horas de ciclismo e um teste incremental máximo, acompanhado de coletas sanguíneas e cálculo do índice de estresse térmico: *Wet Bulb Globe Temperature Index*. Antes e após o protocolo, os grupos foram submetidos a uma avaliação do estado de hidratação, através do cálculo da perda percentual de massa corporal ($\Delta\%$ MC), coloração e gravidade específica urinárias; além de avaliações dos desempenhos físico (pelo tempo de exaustão) e cognitivo-motor (pelos testes de memória imediata, dedo-nariz e tempo de reação simples).

Resultados: O *Wet Bulb Globe Temperature Index* máximo registrado foi de ~ 20 °C. Houve diferença significativa entre a perda percentual de massa corporal do G3% (-3.29 ± 0.23%) e G2% (-1.87 ± 0.12%) ($p < 0.001$), e um aumento na gravidade específica após ciclismo em ambos os grupos. Não houve diferença significativa na coloração urinária entre os grupos. Nestas condições, não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros sanguíneos, tempo de exaustão e testes cognitivo-motores entre os grupos.

Conclusão: Sugere-se que uma desidratação com redução de até ~ 3% da MC não causa prejuízos no desempenho físico e cognitivo-motor.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efecto de diferentes estados de hidratación sobre el rendimiento físico y cognitivo-motor de atletas sometidos a ejercicio en ambiente de bajo estrés térmico

R E S U M E N

Objetivo: Verificar el efecto de diferentes estados de hidratación sobre el rendimiento físico y cognitivo-motor de atletas sometidos a ejercicios en ambiente de bajo estrés térmico.

Método: Dieciséis atletas, divididos en dos grupos de ocho atletas (G2%: 34.1 ± 2.3 años y G3%: 32.5 ± 2.2 años), realizaron dos horas de ciclismo y un test incremental máximo, acompañado de extracciones sanguíneas y cálculo del índice de estrés térmico *Wet Bulb Globe Temperature Index*. Antes y después del protocolo, los grupos fueron sometidos a una evaluación del estado de hidratación mediante el cálculo de la pérdida porcentual de masa corporal y coloración y densidad urinarias; además de evaluaciones del rendimiento físico (por el tiempo hasta el agotamiento) y cognitivo-motor (por los test de memoria inmediata, índice-nariz y tiempo de reacción simples).

Palabras clave:

Rendimiento atlético

Deshidratación

Cognición

Fatiga

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: eduseipra@gmail.com (E. Seixas Prado).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.02.009>

1888-7546/© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Resultados: El Wet Bulb Globe Temperature Index máximo registrado fue de $\sim 20^\circ\text{C}$. Hubo una diferencia significativa entre la pérdida porcentual de masa corporal del G3% ($-3.29 \pm 0.23\%$) y G2% ($-1.87 \pm 0.12\%$) ($p < 0.001$), y un aumento en la densidad urinaria en ambos grupos después del ciclismo. No hubo diferencia significativa en la coloración urinaria entre los grupos. En estas condiciones no fueron observadas diferencias significativas en los parámetros sanguíneos, tiempo hasta el agotamiento y en los test cognitivo-motores entre ambos grupos.

Conclusión: Se sugiere que una deshidratación con reducción de hasta $\sim 3\%$ de masa corporal no afecta negativamente el rendimiento físico y cognitivo-motor.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Effect of different hydration status on physical and cognitive-motor performance of athletes submitted to exercise under low heat stress environment

A B S T R A C T

Keywords:
Athletic performance
Dehydration
Cognition
Fatigue

Objective: To verify the effect of different hydration status on physical and cognitive-motor performance of athletes submitted to exercise under low heat stress environment.

Method: Sixteen athletes, divided into two groups with eight athletes each (G2%: 34.1 ± 2.3 years; and G3%: 32.5 ± 2.2 years), performed two hours of cycling session and an maximum incremental test, accompanied by blood collections and calculation of the heat stress index Wet Bulb Globe Temperature Index. Before and after the protocol, the groups underwent an assessment of hydration status by percentage of body mass loss, color and specific gravity urinary; as well as assessments of physical performances (by time to exhaustion) and cognitive-motor (by immediate memory tests, finger-to-nose and simple reaction time).

Results: The maximum recorded of the Wet Bulb Globe Temperature Index was $\sim 20^\circ\text{C}$. There was a significant difference between percentage of body mass loss G3% ($-3.29 \pm 0.23\%$) and G2% ($-1.87 \pm 0.12\%$) ($p < 0.001$), and an increased urinary gravity, after cycling in both groups. There was no significant difference in urinary coloration between the groups. Under these conditions, there were no significant differences in the blood parameters, time to exhaustion and cognitive-motor tests between groups.

Conclusion: It is suggested that dehydration with reduction of up to $\sim 3\%$ of the body mass not impairs physical and cognitive-motor performances.

© 2016 Consejería de Turismo 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 manutenção do estado de hidratação é fundamental para o desenvolvimento de um bom desempenho atlético em várias modalidades esportivas¹, especialmente para atletas que realizam atividades intensas e prolongadas no calor². Por outro lado, a desidratação induzida pela prática de exercícios físicos em ambiente quente pode causar prejuízos na função cognitiva e motora³ do atleta (aqui denominada de função cognitiva-motora).

Sabe-se que o desempenho ótimo no esporte depende da função cognitiva-motora (tal como: coordenação motora, tempo de reação simples e memória) para a tomada de decisão e execução de habilidades complexas⁴. E além do desempenho cognitivo-motor ser afetado pelas condições de ambiente quente, hipertermia e/ou desidratação, a capacidade de manutenção do exercício (desempenho físico) também pode ser prejudicada^{5,6}.

O desempenho cognitivo-motor é avaliado quando ocorrem perturbações no funcionamento cerebral (concussão), que podem ser resultantes de vários sinais e/ou sintomas não específicos, tais como em comportamentos físicos anormais⁷. Esses prejuízos no desempenho cognitivo-motor parecem ocorrer quando 1% ou mais da massa corporal (MC) é perdida devido à restrição de líquidos, não aclimatação ao calor, desidratação e/ou esforço físico, com repercussões no desempenho físico³. Parece que a perda de apenas 1% da MC é o suficiente para reduzir o desempenho cognitivo-motor³⁻⁵.

No entanto, ainda existe a necessidade de mais investigações acerca dos efeitos da desidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor, independentemente do ambiente de realização

do exercício, visto que muitas dessas informações são baseadas em evidências^{8,9}. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes estados de hidratação sobre o desempenho físico e cognitivo-motor de atletas submetidos a exercício em ambiente de baixo estresse ao calor.

Método

Amostra

Dezesseis ciclistas treinados e voluntários, do sexo masculino, participaram do estudo. Estes foram divididos em 2 grupos de 8 atletas cada: grupo com perda inferior a 2% da MC, denominado grupo G2% (34.1 ± 2.3 anos; 69.6 ± 2.7 kg; 1.73 ± 0.02 m; $11.4 \pm 1.8\%$ de gordura corporal [%G]; e, 58.01 ± 52.17 ml.kg⁻¹.min⁻¹ de consumo máximo de oxigênio [VO_{2máx}]); e, grupo com perda superior a 3% da MC, denominado grupo G3% (32.5 ± 2.2 anos; 66.6 ± 12.1 kg; 1.67 ± 0.02 m; $9.2 \pm 0.5\%$ G; 62.21 ± 0.83 ml.kg⁻¹.min⁻¹ de VO_{2máx}).

Os ciclistas tinham uma média de 3 anos de treinamento (especialmente em ambiente quente e, assim, reconhecidos como aclimatados ao calor). Eles não apresentaram qualquer tipo de doença ou uso de recursos ergogênicos que pudessem interferir nos resultados da pesquisa. De acordo com a resolução 466/12 e a Convenção de Helsínquia¹⁰, todos os sujeitos foram informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas, sob protocolo: 017640/2011-61.

Procedimentos

Uma semana antes do dia do experimento, os atletas visitaram o laboratório para coleta de: MC, altura e dobras cutâneas (para determinar o %G). Em seguida, realizaram um teste incremental máximo (TIM), para determinação do $VO_{2\text{máx}}$ através de um analisador de gases automático (Quark CPET Cosmed®, Roma, Itália). Todos foram orientados a manter o seu cronograma de treinamento habitual e consumir líquidos ($\sim 3 \text{ L}\cdot\text{d}^{-1}$, sem uso de bebidas cafeïnadas) 2 dias antes do experimento.

No dia do experimento, foram fornecidos $\sim 500 \text{ mL}$ de água aos ciclistas, antes de iniciar o protocolo experimental, para maior homogeneidade da hidratação. Em seguida, após breve aquecimento, iniciaram uma sessão de 2 horas de ciclismo a 80 rpm, com intensidade entre 75-85% da frequência cardíaca máxima estimada, acompanhado por frequencímetro (FT1 Polar®, Kempele, Finlândia). Imediatamente após as 2 horas de ciclismo, os atletas foram submetidos a um novo TIM (TIMn [sem análise gasosa]) para induzir à exaustão (MAX) e avaliar os desempenhos físico e cognitivo-motor.

Análise sanguínea

Sangue foi obtido em repouso (0 min), a intervalos de 30 min, durante o ciclismo (30, 60, 90 e 120 min) e após o TIMn. Parte da coleta foi usada para análise da creatinina (método colorimétrico, Jaffé modificado; reagente Labtest®, Minas Gerais, Brasil), através de um analisador automático (Dade Behring®, Eschborn, Alemanha). Outra parte do sangue foi usada para análise da hemoglobina e hematócrito, através de um analisador hematológico (Human®, Hessen, Alemanha). Esses dados serviram como marcadores sanguíneos do estado de hidratação.

Avaliação do desempenho físico e cognitivo-motor

O desempenho físico foi avaliado pelo tempo de exaustão imediatamente após o TIMn (momento pós). Já o desempenho cognitivo-motor foi avaliado tanto antes de iniciar o protocolo de ciclismo (momento pré), quanto no momento pós, através de: memória imediata, como descrita por McCrory et al.⁷; coordenação motora, utilizando o teste dedo-nariz adaptado de McCrory et al.⁷, e o tempo de reação simples, como descrito por Eckner et al.¹¹.

Avaliação do estado de hidratação

O estado de hidratação foi avaliado pela variação percentual da MC ($\Delta \%MC$) e por amostras de urina (aqui denominados de marcadores simples do estado de hidratação), também coletados nos momentos pré e pós. A urina foi usada para análise da sua coloração e gravidade específica (GE). A coloração urinária foi determinada através da escala de cores proposta por Armstrong et al.¹². A GE foi analisada por um refratômetro manual (Biobrix®, São Paulo, Brasil). De posse desses marcadores, o estado de hidratação foi classificado de acordo com Casa et al.³.

A taxa de sudorese também foi calculada de acordo Casa et al.³, onde: taxa de sudorese = MC do momento pré - MC do momento pós + total de líquidos ingeridos durante o protocolo (contado como 0, pois não houve ingestão de líquidos) - volume total urinário no momento pós/tempo do protocolo em horas.

Durante todo o experimento, foram registradas a temperatura ambiente, umidade relativa do ar, movimento do ar e radiação para calcular o índice bulbo úmido temperatura globo (IBUTG), através de um monitor de estresse ao calor (Instrutemp®, São Paulo, Brasil). Além disso, a temperatura corporal foi registrada através de um termômetro timpânico (Genius™ 2®, Minnesota, EUA), determinando a temperatura retal equivalente, oferecido pelo próprio

termômetro. Durante todos os momentos de coleta, também foram registradas as sensações térmicas e de conforto dos atletas¹³.

Análise estatística

Os dados são expressos como média e erro padrão. Após aplicação de testes de normalidade e/ou de igualdade de variância, os dados do IBUTG, sensações (térmica e conforto) e sanguíneos, foram analisados por ANOVA *one-way*; e as mudanças no grupo foram analisadas por ANOVA *two-way* por medidas repetidas, usando o teste de Tukey como *post hoc*. Os desempenhos físico, cognitivo-motor e os marcadores simples do estado de hidratação foram analisados por teste *t Student* pareado e não-pareado. Em qualquer condição, um nível de significância de $p < 0.05$ foi adotado.

Resultados

Houve diferença significativa apenas quanto ao $\Delta \%MC$ entre G3% e G2% ($p < 0.001$), e na GE urinária entre os momentos pré e pós-ciclismo, em ambos os grupos (G2%, $p = 0.016$; G3%, $p = 0.008$). Apesar disso, os valores iniciais da coloração e GE urinárias demonstraram que os grupos já estavam desidratados antes do início da sessão de ciclismo (tabela 1).

Apesar de o IBUTG aumentar em ambos os grupos ($p < 0.001$), este indicou um baixo estresse térmico. No momento MAX, o IBUTG atingiu $19.8 \pm 0.1^\circ\text{C}$ e $19.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$, em G2% e G3%, respectivamente, sem diferença entre os grupos (fig. 1A). Não houve diferença significativa nos valores equivalentes para temperatura retal em nenhum momento (fig. 1B). O mesmo ocorreu para a sensação térmica (fig. 1C) e sensação de conforto (fig. 1D), apesar do aumento dessas variáveis no decorrer do ciclismo, em ambos os grupos.

As concentrações de creatinina não apresentaram diferença significativa entre os grupos (fig. 2A), apesar do seu aumento ocorrer durante o protocolo nos grupos. Os valores de hemoglobina demonstraram um aumento significativo a partir do momento 30 no G2% ($p = 0.006$), e o G3% aumentou apenas no MAX, dentro do grupo ($p < 0.05$) (fig. 2B). Os hematócritos também não apresentaram diferença significativa entre os grupos ($p > 0.05$), apesar do aumento significativo dentro do G3% no momento MAX ($p < 0.05$) (fig. 2C).

Nestas condições, ambos os grupos apresentaram tempo de exaustão similares e não foram observadas alterações significativas no desempenho cognitivo-motor induzidas pela desidratação (tabela 2).

Discussão

Os desempenhos físico e cognitivo-motor podem ser prejudicados na desidratação causada pelo exercício em ambientes quentes^{14,15}. Esse estudo observou um estado de desidratação nos grupos tanto antes, quanto após o ciclismo, corroborando outros estudos^{1,16}. Armstrong et al.¹², avaliando tenistas durante jogos no calor, observaram um estado de desidratação antes de iniciarem as partidas. Casa et al.¹⁷ também observaram alterações na coloração urinária (~ 6) e GE ($\sim 1025 \text{ g/l}$) após corrida no calor.

Além disso, acredita-se que a perda de MC entre 1-3% pode causar prejuízos no desempenho físico e cognitivo-motor³. No estudo de Ganio et al.⁵, a perda de 16% da MC, em ambiente sem estresse térmico, induziu prejuízos cognitivos-motores. Mas parece que esse prejuízo não depende somente do grau de desidratação (perda de 2% da MC), mas também da hipertermia e aclimação^{3,18}. E, apesar do ACSM⁸ sugerir que uma perda da MC superior a 2% prejudica o desempenho cognitivo-motor, alerta que a evidência é mais forte para um efeito negativo de hipertermia.

Tabela 1

Marcadores simples do estado de hidratação dos grupos G2% e G3%, antes (pré) e após (pós) a sessão de ciclismo e novo teste incremental máximo

Grupos	Momento	Mudança da massa corporal (% massa corporal)	Cor da urina (escala Armstrong)	Gravidade específica da urina (g/l)	Taxa de sudorese (L/h)
G2%	Pré		4.5 ± 0.7	1019.4 ± 2.8	
	Pós	-1.87 ± 0.12	5.2 ± 0.4	1024.4 ± 1.5*	0.61 ± 0.10
G3%	Pré		3.3 ± 0.5	1016.4 ± 2.8	
	Pós	-3.29 ± 0.23†	4.3 ± 0.3	1021.0 ± 2.4*	0.86 ± 0.11

† Diferença significativa entre os grupos.

* Diferença significativa em relação ao momento pré do mesmo grupo.

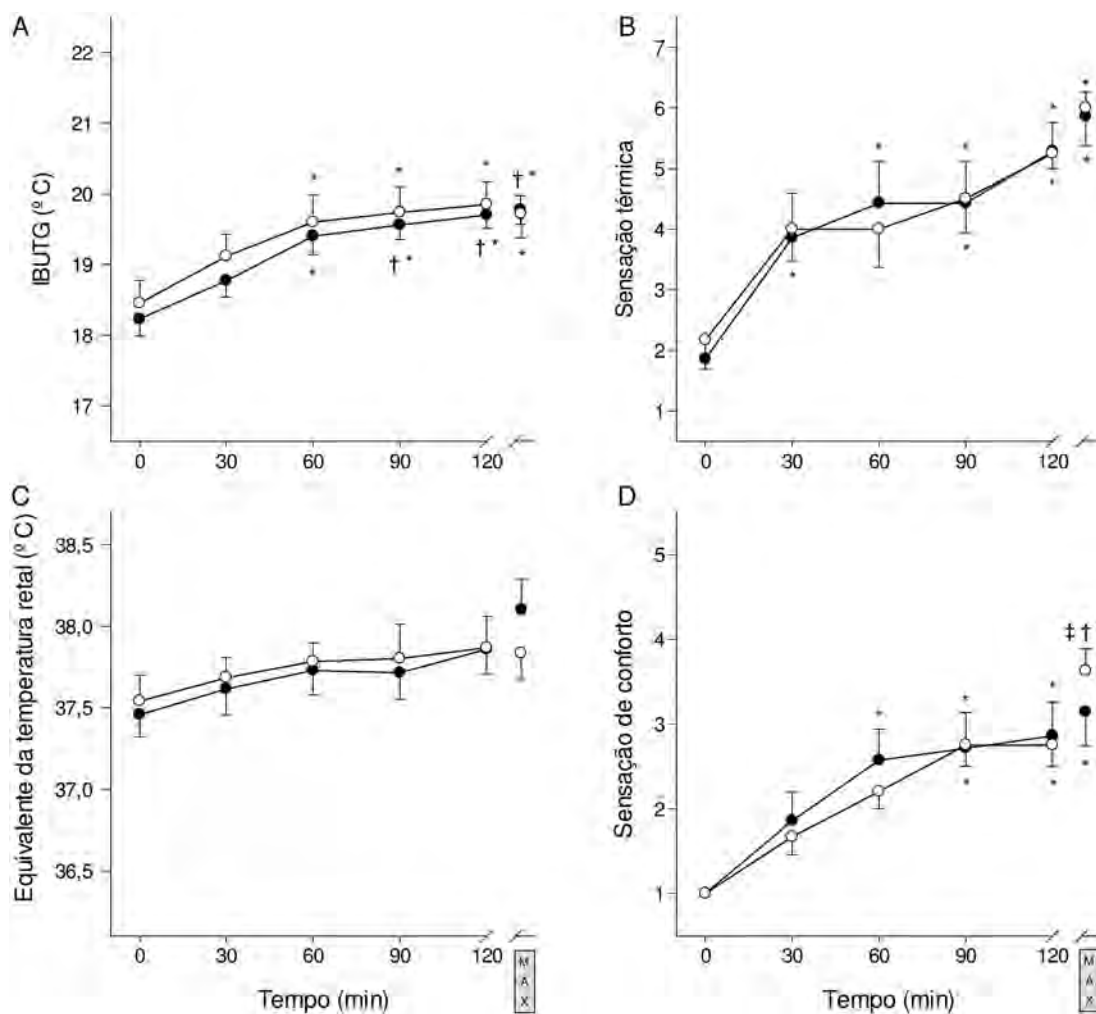


Figura 1. Condições ambientais, temperatura corporal e sensações térmicas e de conforto durante o protocolo experimental. Todos os atletas tiveram condições ambientais, temperaturas corporais e sensações similares. Atletas exercitaram-se por 2 horas, seguidas por um novo teste incremental máximo (TIMn) para levá-los à exaustão (MAX) (grupo G2%, ●) (grupo G3%, ○). Valores estão como médias e erros padrão. (A) IBUTG – valores de repouso: G2% 18.2 ± 0.2 °C e G3% 18.4 ± 0.3 °C; (B) temperatura retal equivalente – valores de repouso: G2% 37.4 ± 0.1 °C e G3%: 37.5 ± 0.1 °C; (C) sensação térmica – valores de repouso: G2% 1.8 ± 0.3 e G3% 2.1 ± 0.4; (D) sensação de conforto – valores de repouso: G2% 1.0 ± 0.0 e G3% 1.0 ± 0.0. *: valores de médias que foram diferentes significativamente de 0 min dentro do grupo. †: valores de médias que foram diferentes significativamente de 30 min dentro do grupo ($p < 0.05$).

Tabela 2

Desempenhos físico e cognitivo-motor dos grupos G2% e G3%, antes (pré) e após (pós) a sessão de ciclismo e novo teste incremental máximo

Grupos	Momento	Tempo de exaustão (min)	Memória imediata (pontos)	Teste dedo-nariz (pontos)	Tempo de reação simples (ms)
G2%	Pré		13.8 ± 0.5	0.6 ± 0.1	235.8 ± 10.4
	Pós	5.99 ± 0.39	14.3 ± 0.2	0.7 ± 0.1	233.7 ± 9.3
G3%	Pré		14.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	228.8 ± 10.1
	Pós	5.33 ± 0.36	14.5 ± 0.2	0.5 ± 0.1	216.7 ± 8.5

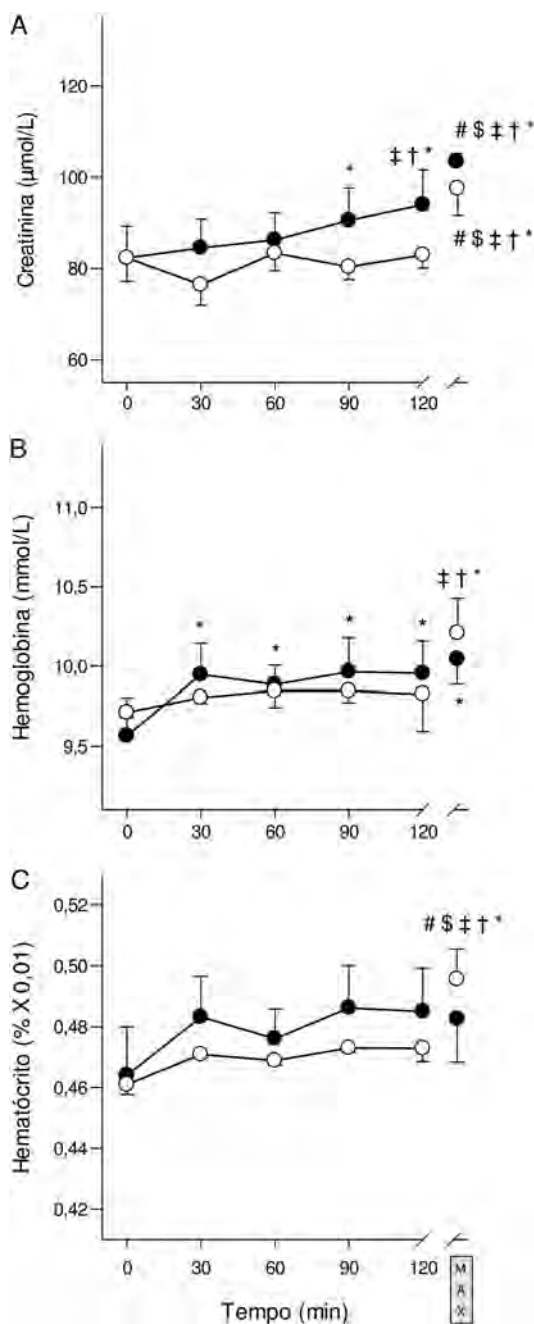


Figura 2. Concentrações de creatinina, hemoglobina e hematócrito durante o protocolo. Atletas se exercitaram por 2 horas seguidas por um novo teste incremental máximo (TIMn) para levá-los à exaustão (MAX) (grupo G2%, ●) (grupo G3%, ○). Valores são médias e erros padrão. (A) Creatinina – valores de repouso: G2% $82.3 \pm 6.8 \mu\text{mol/L}$ e G3% $82.3 \pm 5.1 \mu\text{mol/L}$; (B) hemoglobina – valores de repouso: G2% $9.5 \pm 0.2 \text{ mmol/L}$ e G3% $9.7 \pm 0.0 \text{ mmol/L}$; (C) hematócrito – valores de repouso: G2% $0.4 \pm 0.0 \times 0.01$ e G3% $0.4 \pm 0.0 \times 0.01$. *: valores de médias que foram diferentes significativamente de 0 min dentro do grupo. †: valores de médias que foram diferentes significativamente de 30 min dentro do grupo ($p < 0.05$). ‡: valores de médias que foram diferentes significativamente de 60 min dentro do grupo ($p < 0.05$). §: valores de médias que foram diferentes significativamente de 90 min dentro do grupo ($p < 0.05$). #: valores de médias que foram diferentes significativamente de 120 min dentro do grupo ($p < 0.05$).

Esses argumentos corroboram os resultados obtidos nesta pesquisa, levando em consideração que o ambiente foi de baixo estresse térmico, os atletas eram aclimatados, não estavam sob hipertermia e não alteraram os marcadores sanguíneos de hidratação^{19,20}. Talvez os prejuízos físicos e cognitivos-motores só

ocorram em condições de não aclimação e hipertermia, mais do que na desidratação com redução de 2% da MC.

A hipertermia, por si, promove distúrbios cerebrais e causa prejuízos aos desempenhos físico e cognitivo-motor²¹. Walters et al.²² demonstraram que o desempenho de corrida foi reduzido, quando atingidas temperaturas retais de $\sim 39^\circ\text{C}$. No presente estudo, as temperaturas corporais dos atletas se situaram abaixo de 39°C , em ambiente de baixo estresse térmico (IBUTG $\sim 19^\circ\text{C}$).

Os efeitos negativos da desidratação sobre o desempenho cognitivo-motor parecem ser realmente contraditórios¹⁴. Bandelow et al.⁹ não encontraram prejuízos causados pela desidratação no desempenho cognitivo-motor de jogadores durante atividade no calor. Grego et al.²³ não encontraram efeitos do estado de hidratação sobre o desempenho cognitivo-motor numa hora de exercício.

Serwah e Marino²⁴ também relataram que, em exercício em condições quentes, o tempo de reação não foi comprometido pela perda de $\sim 1.7 \Delta\%$ da MC. Ely et al.²⁵ avaliaram o desempenho cognitivo-motor em indivíduos submetidos a perda de MC $\sim 4 \Delta\%$, em diferentes temperaturas ambientais e, também, não observaram alterações no tempo de reação. Esses estudos corroboram com o presente trabalho, onde os atletas não apresentaram quaisquer alterações no desempenho físico e cognitivo-motor, após 2 horas de ciclismo e um esforço até MAX, em estado de desidratação. Os dados sugerem que níveis de desidratação com perda de MC de até 3% não são suficientes para causar alterações no desempenho físico e cognitivo-motor em atletas aclimatados ao calor e sem hipertermia, após exercício realizado em ambiente de baixo estresse térmico.

Financiamento

O manuscrito teve o auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL)/CNPq, para execução do projeto (processo n.º 20110831-011-0025-0029).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Agradecemos o auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL)/CNPq, o qual foi essencial para execução do projeto.

Referências

- Armstrong LE, Pumerantz AC, Fiala KA, Roti MW, Kavouras SA, Casa DJ, et al. Human hydration indices: Acute and longitudinal reference values. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2010;20(2):145–53.
- Grandjean AC, Grandjean NR. Dehydration and cognitive performance. *J Am Coll Nutr.* 2007;26 5 Suppl:549S–54S.
- Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, et al. National athletic trainers' association position statement: Fluid replacement for athletes. *J Athl Train.* 2000;35(2):212–24.
- Lieberman HR. Hydration and cognition: A critical review and recommendations for future research. *J Am Coll Nutr.* 2007;26 5 Suppl:555S–61S.
- Ganio MS, Armstrong LE, Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, Yamamoto LM, et al. Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. *Br J Nutr.* 2011;106(10):1535–43.
- Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, Kleiner DM, Plummer PE. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Exertional Heat Illnesses. *J Athl Train.* 2002;37(3):329–43.
- McCrory P, Meeuwisse WH, Aubry M, Cantu B, Dvořák J, Echemendia RJ, et al. Consensus statement on concussion in sport: The 4th International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2012. *Br J Sports Med.* 2013;47(5):250–8.
- Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):377–90.

9. Bandelow S, Maughan R, Shirreffs S, Ozgüven K, Kurdak S, Ersöz G, et al. The effects of exercise, heat, cooling and rehydration strategies on cognitive function in football players. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20 Suppl 3:148–60.
10. World Medical Association;1; Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. WMA General Assembly 59th. Seoul: World Medical Association. 2008.
11. Eckner JT, Kutcher JS, Richardson JK. Between-seasons test-retest reliability of clinically measured reaction time in National Collegiate Athletic Association Division I athletes. *J Athl Train*. 2011;46(4):409–14.
12. Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Keriefick RW, LaGasse KE, et al. Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr*. 1994;4(3):265–79.
13. Gagge AP, Stolwijk JA, Saltin B. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures. *Environ Res*. 1969;2(3):209–29.
14. Barroso SS, Almeida RD, Gonzaga WS, Alves SR, Camerino SRAS, Lima RCP, et al. Estado de hidratação e desempenho cognitivo-motor durante uma prova de fast-triathlon no calor. *Rev Educ Fis/UEM*. 2014;25(4):639–50.
15. Bergeron MF, Bahr R, Bärtsch P, Bourdon L, Calbet JA, Carlsen KH, et al. International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes. *Br J Sports Med*. 2012;46(11):770–9.
16. Silva RP, Mündel T, Altoé JL, Saldanha MR, Ferreira FG, Marins JC. Preexercise urine specific gravity and fluid intake during one-hour running in a thermoneutral environment – A randomized cross-over study. *J Sports Sci Med*. 2010;9(3):464–71.
17. Casa DJ, Stearns RL, Lopez RM, Ganio MS, McDermott BP, Walker Yeargin S, et al. Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *J Athl Train*. 2010;45(2):147–56.
18. Cian C, Barraud PA, Melin B, Raphael C. Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *Int J Psychophysiol*. 2001;42(3):243–51.
19. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. *Adv Clin Chem*. 2012;56:1–54.
20. Armstrong LE. Assessing hydration status: The elusive gold standard. *J Am Coll Nutr*. 2007;26 5 Suppl:575S–84S.
21. Nybo L, Secher NH. Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Prog Neurobiol*. 2004;72(4):223–61.
22. Walters TJ, Ryan KL, Tate LM, Mason PA. Exercise in the heat is limited by a critical internal temperature. *J Appl Physiol*. 2000;89(2):799–806.
23. Grego F, Vallier JM, Collardeau M, Rousseu C, Cremieux J, Brisswalter J. Influence of exercise duration and hydration status on cognitive function during prolonged cycling exercise. *Int J Sports Med*. 2005;26(1):27–33.
24. Serwah N, Marino FE. The combined effects of hydration and exercise heat stress on choice reaction time. *J Sci Med Sport*. 2006;9(1-2):157–64.
25. Ely BR, Sollanek KJ, Chevront SN, Lieberman HR, Kenefick RW. Hypohydration and acute thermal stress affect mood state but not cognition or dynamic postural balance. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(4):1027–34.



Original

Maturação somática e aptidão física em jovens jogadores de futebol


 C.A. Kunrath^{a,*}, E. Gonçalves^{b,c}, I. Teoldo^{a,c} e M. Assis Marques Barbosa^d
^a Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brazil

^b Núcleo de Pesquisa e Estudos em Futebol (NUPEF), Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

^c Núcleo de Pesquisa e Estudos em Futebol (NUPEF), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brazil

^d Fluminense Football Club

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 25 de setembro de 2014

Aceite a 29 de janeiro de 2016

On-line a 6 de setembro de 2016

Palavras-chave:

 Futebol
 Maturação
 Aptidão física

R E S U M O

Objetivo: O estudo teve como objetivos analisar a correlação existente entre a distância para o pico de velocidade de crescimento e a aptidão física, bem como comparar o rendimento nos testes de aceleração, velocidade e agilidade de jogadores de diferentes níveis de maturação.

Método: Participaram do estudo 104 jogadores do sexo masculino pertencentes às categorias de base do Fluminense Football Club. Foi utilizado o método de Mirwald (2002) para avaliar a distância para o pico de velocidade de crescimento. A aptidão física foi avaliada com os testes de aceleração (10 m), de velocidade (30 m) e de agilidade (*Zig-Zag test*). Foi utilizada a estatística descritiva, correlação bivariada de Spearman e ANOVA *one way* através do software SPSS® (*Statistical Package for Social Science*) for Windows®, versão 20.0. O nível de significância adotado foi de $p < 0.05$.

Resultados: Constatou-se uma correlação alta e negativa entre a distância para pico de velocidade de crescimento e a aceleração ($\rho = -0.660$, $p < 0.01$), a velocidade ($\rho = -0.767$, $p < 0.01$) e a agilidade ($\rho = -0.703$, $p < 0.01$). Na análise por categorias, não foram encontradas correlações significativas entre as medidas da maturação e da aptidão física dos jogadores de futebol que compuseram a amostra.

Conclusão: Através deste estudo conclui-se que os estímulos induzidos aos jogadores devem ser individualizados e, dessa forma, oferecer um treinamento adequado quanto à capacidade física dos jogadores.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Maduración somática y aptitud física en jóvenes jugadores de fútbol

R E S U M E N

Objetivo: El estudio tuvo como objetivos analizar la correlación existente entre la distancia del pico de velocidad de crecimiento y la aptitud física, así como comparar el rendimiento en los test de aceleración, velocidad y agilidad de jugadores de diferentes niveles de maduración.

Método: Participaron en el estudio 104 jugadores de género masculino pertenecientes a las categorías de base del Fluminense Football Club. Fue utilizado el método de Mirwald (2002) para evaluar la distancia del pico de velocidad de crecimiento. La aptitud física fue evaluada con los test de aceleración (10 m), de velocidad (30 m) y de agilidad (*Zig-Zag test*). Fue utilizada la estadística descriptiva y los test correlación bi-variada de Spearman y ANOVA *one way*, por medio del software SPSS® (*Statistical Package for Social Science*) para Windows®, versión 20.0. El nivel de significancia adoptado fue de $p < 0.05$.

Resultados: Se constató una correlación alta y negativa entre la distancia del pico de velocidad de crecimiento y la aceleración ($\rho = -0.660$, $p < 0.01$), la velocidad ($\rho = -0.767$, $p < 0.01$) y agilidad ($\rho = -0.703$, $p < 0.01$). En el análisis por categorías no fueron encontradas correlaciones significativas entre las medidas de maduración y aptitud física de los jugadores de fútbol que formaron parte de la muestra.

Palabras clave:

 Fútbol
 Maduración
 Aptitud física

* Autor para correspondência.

 Correio eletrónico: caito.k@hotmail.com (C.A. Kunrath).

Conclusión: Por medio de este estudio se concluye que los estímulos inducidos a los jugadores deben ser individualizados para, de esta manera, ofrecer un entrenamiento adecuado en cuanto a la capacidad física de los mismos.

© 2016 Consejería de Turismo 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/>).

Maturation somatic and physical fitness in young soccer players

A B S T R A C T

Keywords:
Soccer
Maturation
Physical fitness

Objective: The study aimed to analyze the correlation between the distance to the Peak Height Velocity and physical fitness, and to compare the performance in acceleration, speed and agility tests of different players maturation levels.

Method: The study included 104 male players belonging to the youth teams of Fluminense Football Club. It used the method Mirwald (2002) to assess the distance to the PHV. Physical fitness was assessed with the acceleration (10 m), speed (30 m) and agility (Zig-Zag test) tests. Descriptive statistics were used and the bivariate Spearman correlation and one way ANOVA using SPSS software (Statistical Package for Social Sciences) for Windows, version 20.0. The significance level was $p < 0.05$.

Results: It was observed a high and negative correlation between the distance to Peak Height Velocity and acceleration ($\rho = -0.660, p < 0.01$), speed ($\rho = -0.767, p < 0.01$) and the speed ($\rho = -0.703, p < 0.01$). In the analysis by categories, there were no significant correlations between measures of maturation and physical fitness of soccer players in the sample.

Conclusion: Through this study, it is concluded that the stimuli induced the players must be individualized, and thus provide adequate training on the physical ability of the players.

© 2016 Consejería de Turismo 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

Durante a puberdade, a identificação do nível maturacional de jogadores de futebol torna-se importante na participação de alguns aspectos inerentes à prática, entre eles o tamanho corporal¹, capacidade funcional² e o desempenho de corrida³. Contudo, a tradicional organização dos escalões competitivos, que tem como critério de divisão o ano de nascimento, permite que jogadores em diferentes níveis maturacionais joguem entre si e, dessa forma, apresentem vantagens/desvantagens no ambiente competitivo.

A maturação biológica é entendida como o processo de amadurecimento em que se atinge a maturidade, onde ocorrem mudanças nos tecidos corporais, sistemas e funções, até estabilizarem e alcançarem seu estágio final⁴. Em relação à avaliação e ao controle desta importante variável, são observadas diferentes abordagens metodológicas nas pesquisas envolvendo jogadores de futebol⁴, onde os procedimentos de avaliação do estado maturacional mais utilizados são: maturação esquelética através da idade óssea e a maturação somática, sendo observado o percentual da estatura (EST) matura predita, ou mesmo a distância para o pico de velocidade de crescimento (PVC). O PVC vem sendo constantemente utilizado pela sua praticidade e característica não-invasiva, principalmente por ter procedimentos de fácil aplicabilidade, com boa aceitação na comunidade científica⁵.

Sabe-se que existem relações entre o processo maturacional e os valores antropométricos, onde os indivíduos que iniciam precocemente este processo demonstram certas vantagens frente à EST e massa corporal (MC)¹. No entanto, outras pesquisas que buscaram identificar as relações entre a maturação e aspectos específicos relacionados ao futebol não tem encontrado resultados tão consistentes, principalmente quanto às capacidades funcionais e habilidades técnicas específicas de jogo^{6,7}.

Sabendo que este momento é transitório, vale ressaltar que características como o desenvolvimento de valências físicas, como a velocidade e a agilidade, são importantes para o desempenho em jogadores de futebol⁸. Sendo assim, a avaliação e o controle

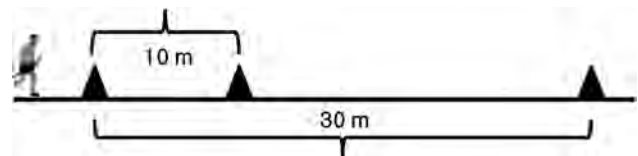


Figura 1. Diagrama do percurso realizado nos testes de aceleração e de velocidade.

de aspectos relacionados à maturação e o seu efeito sobre estas valências físicas tornam-se importantes para a contribuição no desempenho de jogadores de futebol⁹. Portanto, a avaliação desta variável deve ser considerada pelos profissionais de clubes que trabalham com jovens jogadores, a fim de verificar e respeitar os princípios da individualidade biológica no treinamento¹⁰.

Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi analisar a correlação existente entre a distância para o PVC e a aptidão física, bem como comparar os jogadores de futebol, de diferentes níveis de maturação, quanto ao rendimento nos testes de aceleração (10 m), de velocidade (30 m) e de agilidade (Zig-Zag test) (figs. 1 e 2).

Método

Amostra

Participaram deste estudo 104 jogadores (12.86 ± 1.51 anos, 159.40 ± 14.00 cm e 50.00 ± 12.77 kg) de futebol das categorias sub11, sub13 e sub15 do Fluminense Football Club (Rio de Janeiro, Brasil). Foram selecionados indivíduos que tinham rotina regular de treinamento e estavam no clube há um ano, no mínimo. Esse critério de inclusão no estudo é justificado pela alta rotatividade de jovens jogadores nos clubes e pela experiência dos mesmos.

E, ainda, os pais e/ou responsáveis legais pelos jogadores forneceram ao clube a autorização para a realização dos testes e para utilização dos dados, com finalidade de pesquisa.

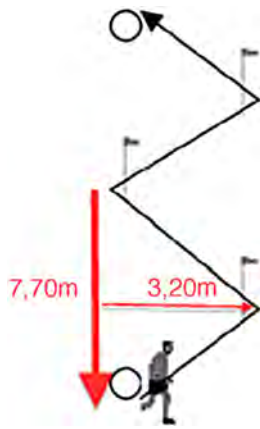


Figura 2. Diagrama do percurso realizado no teste de agilidade, proposto por Little et al. (2005). Cada reta é de 5 m e cada ângulo formado na bandeira é de 100°.

Procedimentos

As avaliações ocorreram em 3 dias subsequentes. No primeiro dia, foram realizadas as medidas antropométricas; no segundo, os testes de aceleração, de velocidade e, no terceiro dia, foi realizado o teste de agilidade. As informações para a realização desse estudo foram obtidas através de consulta ao banco de dados do clube; portanto, todos os jogadores estavam previamente familiarizados com os testes. Afinal, os dados aqui apresentados são retirados de avaliações que ocorrem sistematicamente no contexto do clube.

Para a determinação das medidas antropométricas foram seguidas as normas da *International Society for Advancement of Kinanthropometry* (ISAK). Para determinação da MC foi utilizada uma balança da marca FILIZOLA, devidamente calibrada e aferida, com escala de 100 g. Para determinação da EST e tronco-encefálica foi utilizado um estadiômetro profissional da marca GOFEKA (CARDIOMED), com escala de 0.1 cm, e o comprimento de membros inferiores foi encontrado pela diferença entre a EST e altura tronco-encefálica.

A avaliação da maturação foi baseada na proposta de Mirwald¹¹. Com esse método é possível determinar a distância, em anos, a que o indivíduo se encontra do PVC. Para análise com esse método, são utilizadas as seguintes medidas: idade cronológica (IC) (anos), EST (cm), a MC (kg), o comprimento dos membros inferiores (CMI) (cm) e a estatura na posição sentado (EPS) (cm). As medidas são inseridas na equação: $-9.236 + 0.0002708 (CMI \times EPS) - 0.001663 (IC \times CMI) + 0.007216 (IC \times EPS) + 0.02292 (MC/EST)$.

Antes da realização dos testes de aptidão física, os indivíduos foram submetidos a um protocolo de aquecimento com trote, sprints curtos e movimentos com mudança de direção, por cerca de 10 min.

Para avaliação da aceleração e da velocidade, cada atleta teve direito à realização de 3 sprints, sendo que em cada tentativa eram coletados os resultados da aceleração (10 m) e de velocidade (30 m) de uma só vez¹².

Somente o melhor resultado entre os 3 foi computado. Os participantes começavam em posição de pé na linha inicial e eram instruídos a correr em máxima velocidade até ultrapassar o par de fotocélulas situado na linha final, evitando desacelerar antes da marca estabelecida.

A aceleração (teste de 10 m) e a velocidade (teste de 30 m) dos jogadores foram avaliadas num campo gramado. Para mensuração dos sprints de 10 e 30 m foram utilizados 3 pares de barreiras de fotocélulas (Microgate Racetime2, Itália).

O Zig-Zag test, proposto por Little et al.¹³, foi utilizado para avaliar a agilidade dos jogadores que compuseram a amostra. Esse teste consiste numa corrida de 20 m, sendo que a cada 5 m existe uma

mudança de direção com angulação de 100°. Este teste foi escolhido por envolver acelerações, desacelerações e mudanças bruscas de direção, características inerentes à valência física agilidade.

Assim como nos testes de aceleração e velocidade, para avaliação da agilidade os indivíduos foram orientados a permanecer em pé na posição inicial, onde estava fixo um par de barreiras de fotocélulas. Ao sinal, deveriam percorrer os 20 m com a maior velocidade possível, sem derrubar as barreiras que marcavam os pontos de mudança de direção, ou mesmo cair ao chão, até a marca final, onde estava fixo o outro par de barreiras de fotocélulas.

Análise estatística

Foram realizadas análises descritivas (médias, desvios-padrão, valores máximos e mínimos) com intuito de verificar aspectos relativos à amostra. O teste *Kolmogorov-Smirnov* foi utilizado para verificar a normalidade de distribuição dos dados. Verificando que a distribuição dos dados não foi homogênea, recorreu-se ao teste de correlação bivariada de *Spearman* para verificar a existência de correlação entre a distância para o PVC e a aceleração, a velocidade e a agilidade.

A proposta de Morrow¹⁴ foi utilizada para classificar as correlações encontradas, bem como para explicitar a força dessas. Nesta proposta, as correlações são classificadas em: positiva ($\rho > 0$), negativa ($\rho < 0$) e perfeita ($\rho = 1$). Quanto à força, as correlações são classificadas em «muito baixa» (< 0.20); «baixa» (entre 0.20-0.39); «moderada» (entre 0.40-0.59); «alta» (entre 0.60-0.79) e «muito alta» (entre 0.80-1.00).

Após a análise da correlação entre as variáveis de interesse, a amostra foi separada em tercís a partir dos valores de distância para o PVC. Sabendo que os valores encontrados nesta medida variaram entre -3.66 e 2.59, os grupos foram divididos de acordo com os seguintes intervalos: grupo 1 ($PVC \leq -1.57$), grupo 2 ($-1.57 < PVC \leq 0.31$) e grupo 3 ($PVC > 0.31$).

A distância para o PVC foi utilizada como fator fixo na análise de variância, feita com o teste ANOVA *one way*, sendo comparada, portanto, as médias obtidas pelos jogadores nos testes de aceleração, de velocidade e de agilidade. Também foi realizado o teste de *post hoc* de *Tukey*.

Todos os procedimentos estatísticos utilizaram o nível de significância de $p < 0.05$ e foram realizados no software *Statistical Package for Social Science* (SPSS) for Windows®, versão 20.0.

Resultados

Os resultados da correlação bivariada de *Spearman* entre a maturação e a aptidão física estão apresentados na [tabela 1](#).

Pode-se constatar uma correlação alta e negativa entre a distância para o PVC e a aceleração, a velocidade e a agilidade para todo o grupo.

Na análise por categorias, não foram encontradas correlações significativas entre as medidas da maturação e da aptidão física dos jogadores de futebol que compuseram a amostra.

Na [tabela 2](#) estão apresentados os resultados referentes à análise de variância realizada com o teste ANOVA *one way*, comparando os grupos 1, 2 e 3 quanto aos resultados obtidos nos testes de aceleração (10 m), velocidade (30 m) e agilidade (*Zig-Zag test*).

Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar a correlação existente entre a distância para o PVC e a aptidão física, bem como comparar os jogadores de futebol, de diferentes níveis de maturação, quanto ao rendimento nos testes de aceleração (10 m), de velocidade (30 m) e de agilidade (*Zig-Zag test*).

Tabela 1
Correlação bivariada de Spearman entre a distância para o pico de velocidade de crescimento e a aptidão física

Categoria	Geral (n = 104)		Sub11 (n = 34)		Sub13 (n = 24)		Sub15 (n = 46)	
	Rho	p	Rho	p	rho	p	Rho	p
DPVC vs. aceleração (10 m)	-0.660*	<0.01	0.087	0.62	-0.137	0.52	-0.056	0.71
DPVC vs. velocidade (30 m)	-0.767*	<0.01	0.035	0.84	-0.361	0.08	-0.172	0.25
DPVC vs. agilidade (Zig-Zag)	-0.703*	<0.01	0.159	0.36	0.135	0.53	-0.187	0.21

DPVC: distância para o pico de velocidade de crescimento.

Tabela 2

Resultados referentes ao teste de variância ANOVA one way, comparando o rendimento dos grupos 1, 2 e 3 quanto ao rendimento nos testes de aceleração (10 m), de velocidade (30 m) e de agilidade

Teste	Grupo 1 (n = 35)	Grupo 2 (n = 35)	Grupo 3 (n = 34)	Post-hoc
10 m (s)	2.055 ± 0.088	1.925 ± 0.113	1.858 ± 0.086	G1 < G2 < G3
30 m (s)	5.130 ± 0.204	4.654 ± 0.283	4.483 ± 0.220	G1 < G2 < G3
Agilidade (s)	6.184 ± 0.188	5.819 ± 0.216	5.710 ± 0.179	G1 < G2 < G3

Todas as diferenças encontradas possuem $p < 0.01$.

Os resultados de nosso estudo mostraram que houve alta correlação entre as medidas da maturação e dos valores dos testes de aptidão física em relação à amostra total; no entanto, estes resultados não se repetiram quando os indivíduos foram separados pela faixa etária. Entende-se que um dos motivos para que estes resultados se manifestassem tenha sido a variabilidade e a amplitude da idade na totalidade da amostra, além de não ter um grande número de amostra em cada categoria.

Na práxis, este achado contribui com informações acerca da adolescência, período em que ocorrem constantes mudanças que influenciam no desempenho da aceleração, velocidade e agilidade de jovens jogadores de futebol. Acredita-se que este estudo auxiliará na atuação de professores e treinadores de categorias de base. Além disso, a importância da identificação e do entendimento, relacionado à avaliação da maturação e da aptidão física dos indivíduos, é justificada também pelas variações do crescimento.

Em relação ao crescimento, alguns estudos na literatura divergem quanto aos seus resultados. No estudo de Philippaerts et al.¹⁵, os resultados mostram que o PVC ocorre aproximadamente entre 13-15 anos e que, neste período, os indivíduos chegam a crescer de 9-10 cm ao ano. Entretanto, no estudo de Bergmann et al.¹⁶ envolvendo escolares, foram verificados valores máximos de crescimento até 7.78 cm.

Quanto à contribuição da maturação no desempenho em jogadores de futebol no período da adolescência, sabe-se que os processos de identificação, seleção e promoção esportiva são altamente considerados neste momento. Sendo assim, resultados encontrados em estudos envolvendo a distribuição do percentual de fibras rápidas e lentas, no decorrer da juventude, demonstram que os níveis de testosterona interferem no aumento do percentual das fibras do tipo II e no aumento da massa muscular com a chegada da puberdade, explicando, de certa forma, a melhora da capacidade anaeróbia dos indivíduos^{17,18}.

Freitas et al.¹⁹, ao avaliarem a maturação esquelética e aptidão física em crianças e adolescentes madeirenses, concluíram que os indivíduos em geral que apresentam maturação avançada apresentam maiores níveis de força em relação a seus pares de maturação normal ou atrasada; porém, não foram relações significativas entre a maturação e os resultados dos testes de agilidade. Investigações relacionadas à força e potência podem ser vistas de forma frequente na literatura especializada, como nos estudos de Lloyd et al.² e Perroni et al.²⁰, onde ambos concluem que a maturação biológica é um fator que contribui para o desempenho esportivo. Ao buscar relações entre capacidades funcionais, maturação e desempenho,

Lloyd et al.² chegam a resultados que a maturação foi o fator que teve maior influência sobre a capacidade de força explosiva, manifestada através do salto vertical ($R^2 = 46\%$), resultados semelhantes a Perroni et al.²⁰, que também encontraram através das mesmas variáveis com valores diferentes ($r = 0.63$).

Quanto aos resultados do presente estudo envolvendo a aceleração, velocidade e agilidade, percebe-se que quanto menor o valor da distância para o PVC, melhores foram os resultados para os testes, além de que os resultados de correlação entre as variáveis de maturação e as valências físicas revelaram-se altos e negativos. Na literatura, podemos verificar resultados que vão de encontro aos do presente estudo; conforme os achados de Matos et al.²¹; não houve relações entre o status maturacional e o desempenho no teste de 20 m entre atletas e não-atletas, assim como também nos resultados demonstrados no estudo de Mendez-Villanueva et al.⁶, onde não foram encontradas relações entre maturação e velocidade.

O estudo de Buchheit e Mendez-Villanueva³ buscou analisar os efeitos da maturação através de medidas antropométricas e o desempenho de corrida, durante 19 amistosos internacionais em jogadores da categoria sub15, sendo que foram encontrados resultados interessantes, que revelaram maiores distâncias percorridas em velocidades mais altas (> 16 km/h), além de maiores valores antropométricos em indivíduos maturados de forma precoce, em comparação aos jogadores que apresentavam um estágio maturacional normal ou atrasado. Pittoli et al.²² investigaram os efeitos da maturação em 87 praticantes e não praticantes de futebol, através da pilosidade axilar de idades entre 11-15 anos, verificando que o status maturacional é um fator influente no desempenho dos indivíduos, visto que os adiantados de maturação tiveram melhor desempenho nos testes de agilidade.

Adicionalmente, Malina et al.²³ realizaram um estudo com o objetivo de relacionar a maturação e o tamanho corporal com 6 testes de habilidades específicas inerentes ao futebol, sendo que apenas 2 deles envolviam velocidade e agilidade, nos testes de drible e drible com passe. Os resultados deste estudo indicaram que a maturação influenciou de forma positiva apenas nos testes que envolviam estas 2 variáveis, demonstrando valores que diferiram significativamente dos outros.

Corroborando com estes achados, Matta et al.²⁴ encontraram diferentes resultados envolvendo jogadores de futebol da categoria sub15 e sub17, enquanto nos jogadores mais velhos não foi verificada a contribuição da maturação nas capacidades físicas; o contrário foi percebido nas tarefas de salto estático, de velocidade 30 m e de agilidade para os indivíduos mais jovens. Em relação aos resultados diferentes em categorias de ordem cronológicas distintas, estudos^{4,25} sugerem que, entre os 10-16 anos de idade, há uma enorme variabilidade maturacional que reflete diretamente nas capacidades funcionais; no entanto, entre os 10-13 anos de idade há uma propensão de igualdade entre as idades cronológica e biológica, o que, de forma oposta, é manifestado nos indivíduos entre 13-16 anos.

Percebendo que a maturação é um fator que se faz presente na aptidão física em jovens jogadores de futebol, este estudo buscou preencher uma lacuna percebida no tocante a medidas relacionadas à aceleração, velocidade e agilidade no desempenho de jovens

jogadores de futebol, visto que os resultados apresentados na literatura não são apresentados de maneira consistente, quando relacionados à maturação somática. Dessa forma, sugere-se que os estímulos devem ser individualizados, oferecendo estímulos adequados a cada jogador quanto à sua capacidade física.

As limitações deste estudo trazem à tona a carência de análises longitudinais para a verificação das relações entre a maturação somática e a aptidão física, tendo em vista uma melhor compreensão dos resultados obtidos, além de um maior número de participantes nas faixas etárias da amostra.

Observando os resultados do presente estudo, parece estar claro que a maturação possui correlação com a aptidão física e, ainda, que pode ser um fator que diferencia os jogadores. Portanto, é possível concluir que a maturação deve ser avaliada e, observada ao longo do processo de treino, no contexto do futebol, com o intuito de aperfeiçoar o processo de seleção e treinamento.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver nenhum conflito de interesses.

Bibliografia

1. Figueiredo AJ, Gonçalves CE, Coelho e Silva MJ, Malina RM. Youth soccer players, 11–14 years: Maturity, size, function, skill and goal orientation. *Ann Hum Biol.* 2009;36(1):60–73.
2. Lloyd RS, Oliver JL, Radnor JM, Rhodes BC, Faigenbaum AD, Myer GD. Relationships between functional movement screen scores, maturation and physical performance in young soccer players. *J Sports Sci.* 2015;33(1):11–9.
3. Buchheit M, Mendez-Villanueva A. Effects of age, maturity and body dimensions on match running performance in highly trained under-15 soccer players. *J Sports Sci.* 2014;32(13):1271–8.
4. Malina RM. Growth and maturity status of young soccer players. In: Reilly T, Williams AM, editors. *Science and soccer.* London: Routledge; 2003.
5. Mortatti AL, Honorato RC, Moreira A, de Arruda M. O uso da maturação somática na identificação morfofuncional em jovens jogadores de futebol. *Rev Andal Med Deporte.* 2013;6(3):108–14.
6. Mendez-Villanueva A, Buchheit M, Kuitunen S, Poon TK, Simpson B, Peltola E. Is the relationship between sprinting and maximal aerobic speeds in young soccer players affected by maturation? *Pediatr Exerc Sci.* 2010;22(4):497–510.
7. Matta MO, Figueiredo AJB, Garcia ES, Werneck FZ, Seabra A. Morphological and maturational predictors of technical performance in young soccer players. *Motriz.* 2014;20(3):280–5.
8. Huijgen BC, Elferink-Gemser MT, Lemmink KA, Visscher C. Multidimensional performance characteristics in selected and deselected talented soccer players. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(1):2–10.
9. Figueiredo AJ, Coelho e Silva MJ, Malina RM. Predictors of functional capacity and skill in youth soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21(3):446–54.
10. Tubino MJG. *Metodologia científica do treinamento desportivo.* 3 (ed. São Paulo: Ibrasa; 1984.
11. Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(4):689–94.
12. Svensson M, Drust B. Testing soccer players. *J Sports Sci.* 2005;23(6):601–18.
13. Little T, Williams AG. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):76–8.
14. Morrow JR, Jackson AW, Disch JG, Mood DP. *Measurement and evaluation in human performance.* 3. Champaign: Human Kinetics; 2005. p. 398.
15. Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, van Renterghem B, Matthys D, Craen R, et al. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci.* 2006;24(3):221–30.
16. Bergmann GG, Bergmann MLA, Pinheiro ES, Moreira RB, Marques AC, Gaya ACA. Estudo longitudinal do crescimento corporal de escolares de 10 a 14 anos: dimorfismo sexual e pico de velocidade. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2008;10(3):249–54.
17. Metaxas TI, Mandroukas A, Vamvakoudis E, Kotoglou K, Ekblom B, Mandroukas K. Muscle fiber characteristics, satellite cells and soccer performance in young athletes. *J Sports Med.* 2014;13(3):493–501.
18. Van Praagh E, Doré E. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med.* 2002;32(11):701–28.
19. Freitas DL, Maia JA, Beunen GP, Lefevre JA, Claessens AL, Marques AT, et al. Maturação esquelética e aptidão física em crianças e adolescentes madeirenses. *Rev Port Cien Desp.* 2003;3(1):61–75.
20. Perroni F, Vetrano M, Rainoldi A, Guidetti L, Baldari C. Relationship among explosive power, body fat, fat free mass and pubertal development in youth soccer players: A preliminary study. *Sport Sci Health.* 2014;10(2):67–73.
21. Matos DG, Dantas EHM, Aindar FJ, Silva AC, Rodrigues BM, Klain I, et al. Relationship between maturity levels and neuromuscular capacity among youth soccer players and individuals not practicing soccer. *Health.* 2013;5(1):30–4.
22. Pittoli TEM, Barbieri FA, Pauli JR, Gobbi LTB, Kokubun E. Brazilian soccer players and no-players adolescents: Effect of the maturity status on the physical capacity components performance. *J Hum Sport Exerc.* 2010;5(2):280–7.
23. Malina RM, Cumming SP, Kontos AP, Eisenmann JC, Ribeiro B, Aroso J. Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13–15 years. *J Sports Sci.* 2005;23(5):515–22.
24. Matta MA, Figueiredo AJB, Garcia ES, Seabra AFT. Morphological, maturational, functional and technical profile of young Brazilian soccer players. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2014;16(3):277–86.
25. Matta MO, Figueiredo AJB, Garcia ES, Seabra AFT. Crescimento, maturação biológica e aptidão física e técnica de jovens futebolistas: uma revisão. *Rev Bras Futebol.* 2013;6(1):85–99.



Original article

Anthropometric characteristics, somatotype and dietary patterns in youth soccer players



J.D. Hernández-Camacho^{a,b,*}, E. Fuentes-Lorca^a, H. Moya-Amaya^a

^a Unit of Optimizing Performance, Injury Prevention and Recovery, AD Nervion, Sevilla, Spain

^b Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2 September 2016

Accepted 10 January 2017

Available online 8 July 2017

Keywords:

Soccer
Anthropometry
Somatotype
Dietary patterns
Body fat
Skinfolds
Team sports

ABSTRACT

Objective: To determine the morphological characteristics, fat mass, somatotype and dietary patterns of youth soccer players from an amateur Spanish team.

Method: Height, weight, diameters, circumferences and skinfolds from sixteen youth soccer players were measured. Body fat percentage and somatotype were calculated. They completed the Kidmed questionnaire to analyze dietary patterns. Descriptive statistics (mean \pm standard deviation) were used.

Results: The global body fat percentage was 9.16 ± 2.12 and the somatotype (2.56–3.73–2.77). The sum of the six skinfolds was 62.6 ± 2.7 mm. The sum of the eight skinfolds was 80.7 ± 3.1 mm. 75% of athletes consumed a fruit daily, 18.75% took a second fruit each day. 43.75% of players took vegetables once a day, 18.75% ate vegetables more than once a day.

Conclusion: Body fat percentage, the sum of the six skinfolds, the sum of the eight skinfolds and somatotype results are in agreement with previous studies where youth non-professional soccer players were analyzed. Other studies have obtained lower values in body fat percentage or in sum of six skinfolds due to they have evaluated professional soccer players. Anthropometric measures would be important to prescribed personalized diet and training plans.

© 2017 Consejería de Turismo 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/>).

Características antropométricas, somatotipo y patrones alimentarios en jugadores jóvenes de fútbol

RESUMEN

Objetivo: Determinar las características morfológicas, la masa grasa, el somatotipo y los patrones alimentarios de jugadores de fútbol jóvenes de un equipo amateur.

Método: Se midieron la altura, el peso, los diámetros corporales, las circunferencias y los pliegues cutáneos de 16 jugadores. Se calcularon el porcentaje de grasa corporal y el somatotipo. Se administró el cuestionario Kidmed con objeto de conocer el patrón alimentario. Se utilizaron métodos estadísticos descriptivos (media \pm desviación estándar).

Resultados: El porcentaje global de grasa corporal fue 9.16 ± 2.12 y el somatotipo (2.56–3.73–2.77). El sumatorio de 6 pliegues fue 62.6 ± 2.7 mm y el sumatorio de 8 fue 80.7 ± 3.1 mm. El 75% de los futbolistas consumía una fruta diaria y el 18.75% tomaba una segunda pieza de fruta. El 43.75% de los jugadores tomaba una ración de vegetales cada día y el 18.75% comía vegetales más de una vez al día.

Conclusiones: Los resultados del porcentaje de grasa, del sumatorio de 6 pliegues, de 8 pliegues cutáneos y del somatotipo son similares a los obtenidos en estudios previos. Otras investigaciones encontraron un porcentaje de grasa inferior y un menor valor para el sumatorio de 6 pliegues debido a que analizaron jugadores profesionales. Las mediciones antropométricas son importantes para prescribir planes de alimentación y entrenamiento personalizados.

© 2017 Consejería de Turismo 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/>).

* Corresponding author.

E-mail address: jdhercam@alu.upo.es (J.D. Hernández-Camacho).

Características antropométricas, somatotipo e padrões alimentares em jovens atletas de futebol

R E S U M O

Palavras-chave:

Futebol
Antropometria
Somatotipo
Padrões alimentares
Gordura corporal
Dobras cutâneas
Esportes de equipe

Objetivo: Determinar as características morfológicas, massa gorda, somatotipo e padrões alimentares de jovens jogadores de futebol de uma equipe amadora espanhola.

Métodos: Foram medidos altura, peso, diâmetros, circunferências e dobras cutâneas de dezesseis jovens jogadores de futebol. A porcentagem de gordura corporal e o somatotipo foram calculados. Eles completaram o questionário Kidmed para analisar padrões alimentares. Foram utilizadas estatísticas descritivas (média \pm desvio padrão).

Resultados: A porcentagem de gordura corporal foi de 9.16 ± 2.12 e o somatotipo ($2.56-3.73-2.77$). A soma das seis dobras cutâneas foi 62.6 ± 2.7 mm. A soma das oito dobras cutâneas foi 80.7 ± 3.1 mm. 75% dos atletas que consumiam diariamente uma fruta, 18.75% ingeriam uma segunda fruta por dia. 43.75% dos jogadores ingeriam legumes uma vez por dia, 18.75% comiam vegetais mais que uma vez por dia.

Conclusão: A porcentagem de gordura corporal, a soma das seis dobras cutâneas, a soma das oito dobras cutâneas e os resultados somatotípicos estão de acordo com estudos prévios em que foram analisados jovens jogadores de futebol não profissionais. Outros estudos obtiveram valores mais baixos na porcentagem de gordura corporal ou na soma de seis dobras cutâneas devido a terem avaliado jogadores profissionais de futebol. Medidas antropométricas seriam importantes para prescrever uma dieta personalizada e planos de treinamento.

© 2017 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

From long time ago, it is well known that body composition plays an important role in sport performance, specifically in the physical status. Consequently body composition has been studied in different sports such as basketball,¹ rugby² or soccer³ in order to analyze athletes status. Numerous methods to evaluate body composition in athletes have been developed for instance anthropometric analysis,² bioelectrical impedance analyzer³ or dual-energy X-ray absorptiometry.⁴ Anthropometry is the study of the size, the form, the proportionality, the composition, the biological maturation and the body function of humans. This technique allows relating corporal measures in form, proportions and compositions with a specific sport function in athletes.⁵ Anthropometry sizes body weight, height, wingspan, skinfolds, perimeters, diameters and lengths. From these data, it is possible to obtain information about body fat mass, body composition and somatotype.⁶ Somatotype method is used to analyze body composition in humans which is classified in three different component mesomorphy (related to muscle mass), endomorphy (related to fatness) and ectomorphy (related to linearity and slenderness).⁷

Especially in soccer, anthropometry techniques have been widely used in last times. A study⁸ analyzed anthropometric characteristics and somatotype of young players at different ages (14–18 years) from teams of the First Macedonian league ($n = 486$) and compared the results with data from general population. Obtaining players at 14 years showed significant lower values of muscle and fat mass. They also discovered that in all age soccer groups mesomorphy component of the somatotype dominated. Furthermore, athletes presented smaller values of the fat and endomorphic component and greater muscle and mesomorphic component in comparison with general population. Another research⁹ identified anthropometric and somatotype characteristics of Italian young players ($n = 112$). The mean results showed a high muscular and low adipose profile. They found differences in playing position between anthropometric data and somatotype value. Based on these studies, it seems clear that soccer players present different anthropometric and somatotype profiles to the general population and these values could change depending on the playing position.

Casajús¹⁰ evaluated fifteen players from the Spanish First Division to analyze seasonal variations in anthropometric variables from the beginning to the middle of the season. Significant variations (mean \pm standard deviation) were found in fat percent ($8.6 \pm 0.91\%$ versus $8.2 \pm 0.91\%$) and in the sum of six skinfolds (57.0 ± 8.67 mm versus 52.9 ± 8.61 mm). Another paper¹¹ analyze the dietary intakes and anthropometric profiles got the least percentage of body fat ($11.3 \pm 1\%$) where found in players that consumed significantly less fat in their diet, an adequate carbohydrate ingestion for athletes ($52.2 \pm 5\%$ of energy intake), nothing of alcohol and micronutrients intakes above the dietary reference values. So it seems that dietary habits could affect to body composition and consequently influencing to sport performance. Additionally, a previous investigation² found eighteen rugby players with body composition values away from the recommended body composition profile at the preseason. After applied personalized plans of diet and training, changes in body composition were reported at the end of the season. Obtaining data close to reference values of professional players.

Obviously, several methods have been developed to analyze dietary habits in athletes weigh food intakes, food frequency questionnaires, 24 h count questionnaires or specific nutritional questionnaires. One of them is Kidmed questionnaire, this method evaluate the adherence to the Mediterranean diet (MD), a well-known healthy dietary pattern. One study¹² evaluated the relations between Kidmed results and anthropometric characteristics in ninety elite women paddlers. A medium or excellent adherence was observed. However, useful nutritional information was obtaining from this questionnaire, such as the fact that 20% of paddlers ate sweets more than once a day or that 33% didn't eat nuts.

The purposes of this research were to determine the morphological characteristics, fat body mass, somatotype and dietary patterns of youth soccer players from an amateur Spanish team.

Method

Subjects

A total of sixteen players from a U-19 amateur Spanish team voluntary participated at the age of 16–18 years, with an average

Table 1
Mean \pm standard deviations of anthropometric data.

Variables	Goalkeeper (n=2)	Defenders (n=3)	Fullbacks (n=2)	Midfielders (n=6)	Strikers (n=3)	Global average (n=16)
Height (cm)	174.95 \pm 1.48	180.00 \pm 5.54	174.35 \pm 0.91	173.93 \pm 7.61	175.50 \pm 3.77	175.54 \pm 5.54
Weight (kg)	83.00 \pm 2.97	67.40 \pm 5.46	57.55 \pm 6.71	69.25 \pm 11.66	72.16 \pm 6.13	69.70 \pm 10.17
Wrist diameter (cm)	5.24 \pm 0.29	5.68 \pm 0.07	5.66 \pm 0.08	5.35 \pm 0.35	5.43 \pm 0.16	5.45 \pm 0.28
Humerus diameter (cm)	6.63 \pm 0.12	6.92 \pm 0.34	6.35 \pm 0.14	6.21 \pm 0.39	6.33 \pm 0.22	6.43 \pm 0.39
Femur diameter (cm)	9.67 \pm 0.53	9.34 \pm 0.18	8.91 \pm 0.16	9.19 \pm 0.44	9.02 \pm 0.27	9.21 \pm 0.39
Arm relaxed circumference (cm)	32.2 \pm 0.3	26.9 \pm 2.0	24.2 \pm 1.1	27.1 \pm 1.50	29.0 \pm 0.4	27.7 \pm 2.5
Arm tensed circumference (cm)	34.2 \pm 0.3	29.3 \pm 1.9	26.6 \pm 0.5	28.6 \pm 1.1	31.0 \pm 0.6	29.6 \pm 2.4
Thigh circumference (cm)	59.7 \pm 2.5	50.8 \pm 2.3	46.6 \pm 1.0	51.7 \pm 4.1	50.7 \pm 1.9	51.6 \pm 4.4
Calf circumference (cm)	39.6 \pm 0.6	35.4 \pm 1.3	33.6 \pm 0.9	37.9 \pm 3.7	36.3 \pm 0.8	36.8 \pm 2.9
Hip circumference (cm)	103.9 \pm 5.6	92.2 \pm 4.6	84.5 \pm 0.7	95.7 \pm 6.5	92.7 \pm 5.8	94.1 \pm 7.1
Waist circumference (cm)	82.0 \pm 0.8	73.4 \pm 3.5	68.1 \pm 4.1	75.6 \pm 5.1	78.3 \pm 4.2	75.6 \pm 5.4
Biceps skinfold (mm)	8.5 \pm 2.1	4.8 \pm 1.1	3.5 \pm 1.4	5.1 \pm 2.4	6.0 \pm 2.0	5.4 \pm 2.2
Triceps skinfold (mm)	16.2 \pm 1.1	7.6 \pm 2.6	6.0 \pm 0.0	9.1 \pm 2.1	9.5 \pm 2.8	9.4 \pm 3.4
Subscapular skinfold (mm)	13.5 \pm 3.5	9.2 \pm 2.2	9.1 \pm 4.1	10.0 \pm 3.4	9.7 \pm 1.5	10.1 \pm 2.9
Supraespinale skinfold (mm)	11.7 \pm 3.2	5.0 \pm 1.0	4.1 \pm 1.9	7.0 \pm 3.3	7.8 \pm 2.6	7.0 \pm 3.3
Supracrestal skinfold (mm)	17.4 \pm 3.7	14.6 \pm 9.7	7.4 \pm 0.9	12.2 \pm 4.4	12.2 \pm 1.9	12.7 \pm 5.1
Abdominal skinfold (mm)	23.2 \pm 1.1	12.3 \pm 7.5	8.5 \pm 2.1	12.5 \pm 4.9	13.4 \pm 3.3	13.5 \pm 5.8
Thigh skinfold (mm)	22.2 \pm 3.9	11.3 \pm 1.5	8.7 \pm 1.8	15.2 \pm 4.2	12.0 \pm 4.3	13.9 \pm 5.0
Calf skinfold (mm)	12.0 \pm 1.4	8.0 \pm 1.7	5.6 \pm 0.9	9.5 \pm 3.6	7.2 \pm 3.7	8.6 \pm 3.2

Data for 16 soccer players.

of 17.38 \pm 0.92 years. They had trained for \sim 1.5 h/day, 4 day/week (including a weekly competitive match) during the previous year. All players were regularly involved in competitive seasons. The distribution in different position in the field was goalkeeper (n=2), defenders (n=3), fullbacks (n=2), midfielders (n=6) and strikers (n=3). They delivered informed written consents which had been signed by their parents.

Experimental design

The anthropometric characteristics measured were height, weight, three diameters (wrist, biepicondylar humerus and femur), six circumferences (arm relaxed and tensed, thigh, calf, hip and waist perimeter) and eight skin folds (biceps, triceps, subscapular, abdominal, thigh, calf, supraspinale and supracrestal). Data were obtained following the standard techniques for the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK).^{13–15} Carter's equation was used to determine body fat percentage.¹⁶ Somatotype was calculated according to Carter and Heath method.^{7,17} Data were collected after the last competitive match at the end of the season.

Kidmed questionnaire¹⁸ determines the MD adherence. This questionnaire includes sixteen items on a yes/no scale. Affirmative answers from questions related with positive aspects of MD add one point (questions 1–5,7–11,13,15). Affirmative answers related with negative aspects of MD subtract one point (questions 6,12,14,16). The final punctuation is known as the Kidmed Index which can be classified in three different categories:

- Final punctuation \geq 8: high adherence.
- Final punctuation 4–7: medium adherence.
- Final punctuation \leq 3: low adherence.

Anthropometric data were collected by a high trained technician, certified with ISAK level I. The weight was collected using an electronic weighing machine (Tanita UM-076). Height was measured with a stadiometer (Seca). The skinfolds were measured with a slim guide skinfold caliper. Bone breadths and body perimeters were also collected with validated material (an anthropometric tape and a small electronic sliding caliper, precision 0.01 mm). The experimental protocol was written following the ethics rules from Helsinki Declaration. All experimental procedures were in accordance with the Pablo de Olavide University Ethical Committee rules.

Statistical analysis

SigmaPlot 13 version (Systat software) was used for Statistical Analyses. Descriptive statics (mean \pm standard deviation) were reported for the different parameters analyzed. Statistical differences between different positions of the players in the soccer field were not evaluated because there is insufficient statistical power to detect differences due to the sample size.

Results

In Table 1 can be observed mean values and standard deviations of anthropometric data obtained from players studied. Values in function of different positions are also shown in Table 1.

Results obtained of dietary patterns analysis can be observed in Fig. 1. These data were shown on percentage scale. 75% of players consumed a fruit daily, 18.75% took a second fruit each day. 43.75% took vegetables once a day, 18.75% ate vegetables more than once a day. 31.25% of athletes evaluated went more than once a week to a fast-food restaurant.

Kidmed Indexes were: goalkeeper (7.00 \pm 1.41), defenders (5.33 \pm 5.03), fullbacks (5.50 \pm 0.70), midfielders (6.83 \pm 2.22), strikers (5.33 \pm 3.78) and global players sample (6.12 \pm 2.77).

Table 2 shows results of somatotype analyses, the sum of six skinfolds, the sum of eight skinfolds and body fat percentage.

Somatotype classifications were goalkeepers (endomesomorph), defenders (meso-ectomorph), fullbacks (meso-ectomorph), midfielders (balance mesomorph), strikers (balance mesomorph) and global players sample (balance mesomorph). These results can be observed in Fig. 2.

Discussion

The global fat percentage obtained in players was 9.16 \pm 2.12%. The average somatotype was (2.56-3.73-2.77). Dietary patterns analysis showed variables nutritional habits, outstanding that 75% took one fruit each day, 18.75% of players consumed more than one fruit and only 18.75% ate more than one vegetable each day. These data show that many players may present inadequate nutritional habits.

Perroni et al.⁹ explored the differences in anthropometric and somatotype characteristics among categories, subcategories and playing position in Italian young soccer players (n=112). When we compared our somatotype results with the age categories

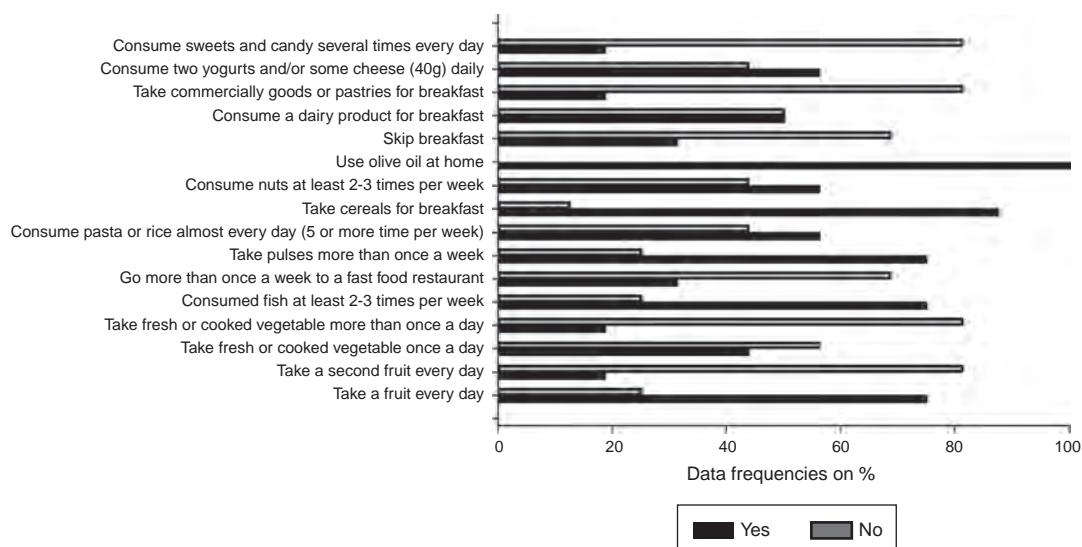


Fig. 1. Yes/no answers to sixteen Kidmed items. Values are exposed on percentage. Data for sixteen soccer players studied.

Table 2 Mean ± standard deviations of somatotype data, sum of skinfolds and body fat percentage.

Variable	Goalkeepers (n=2)	Defenders (n=3)	Fullbacks (n=2)	Midfielders (n=6)	Strikers (n=3)	Global average (n=16)
Somatotype						
Endomorphy	4.10 ± 0.00	2.00 ± 0.70	1.80 ± 0.70	2.55 ± 0.89	2.63 ± 0.23	2.56 ± 0.91
Mesomorphy	5.40 ± 0.42	3.36 ± 0.96	2.70 ± 0.14	3.71 ± 0.59	3.73 ± 0.25	3.73 ± 0.89
Ectomorphy	0.95 ± 0.07	3.83 ± 1.51	4.50 ± 1.13	2.51 ± 0.64	2.30 ± 0.26	2.77 ± 1.29
Σ 6 skinfolds (mm)	99.0 ± 5.1	53.4 ± 2.7	42.1 ± 2.0	63.4 ± 2.9	59.6 ± 2.4	62.6 ± 2.7
Σ 8 skinfolds (mm)	124.9 ± 5.2	72.8 ± 3.5	53.0 ± 2.1	80.8 ± 3.2	77.7 ± 2.6	80.7 ± 3.1
Body fat %	12.99 ± 0.75	8.20 ± 1.42	7.01 ± 0.94	9.25 ± 1.90	8.85 ± 1.06	9.16 ± 2.12

Data for sixteen soccer players. Sum of 6 skinfolds (triceps, subscapular, supraespinale, abdominal, thigh and calf skinfolds). Sum of 8 skinfolds (biceps, triceps, subscapular, supraespinale, supracrestal, abdominal, thigh and calf skinfolds).

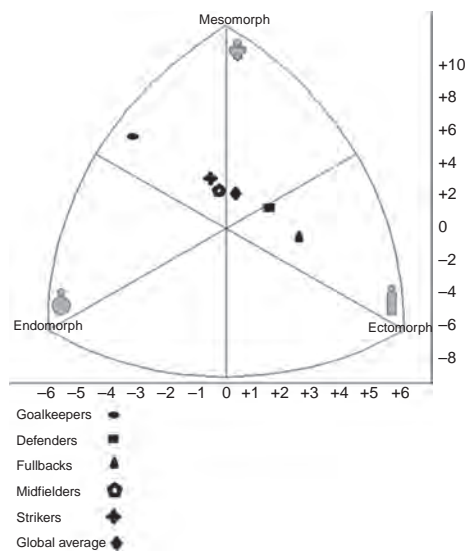


Fig. 2. Somatotype components (endomorph, mesomorph and ectomorph) representation. Somatoplots of goalkeepers, defenders, fullbacks, midfielders, strikers players and global average.

corresponding to the same age Allievi "A" (16 years) and "Juniore" (older than 17 years), it is possible to observed similar somatotype values components (endomorph, mesomorph and ectomorph). They found significant differences among goalkeepers and the other player's position in endomorphy in according with our discoveries where the goalkeepers endomorphy value was the highest. Significant differences were obtained among goalkeepers and with

defenders (all kind of defenders) and midfielders in ectomorph component. While we have observed ectomorphy values in agreement with this theory. Basing on these similarities, it seems that the results obtained in the current study would possibly obtain in a higher sample of players.

Another investigation⁸ analyzed changes in the anthropometric characteristics and somatotype in youth Macedonian soccer players. To evaluate body composition, they have used the Matiegka's formulas in contrast with our study where the Carter's equation has been used to determine fat percentage. This could explain the differences in fat percentage found in the previous study: players aged sixteen years (14.71 ± 1.47%), players aged seventeen years (14.64 ± 1.46%) and players aged eighteen years (14.38 ± 1.42%) compared with the fat percentage obtained in the present paper (9.16 ± 2.12%). Additionally, lower values in some skinfolds (biceps, triceps, thigh, subscapular, calf and abdominal) in sixteen, seventeen and eighteen players from this previous study in comparison with the results of data from athletes of this study. Another study¹⁰ determined seasonal variations in anthropometric data from Spanish professional soccer team (n=15). They recollected anthropometric data at the beginning of competitive season and at in the middle. In the second examination, these soccer players presented the sum of six skinfolds 52.9 ± 8.61 mm, a body fat percentage 8.2 ± 0.91% and a somatotype values: endomorphy (2.4 ± 0.52), mesomorphy (4.8 ± 0.88) and ectomorphy (2.3 ± 0.73). These values are lower than the results of the current study and indicate a better body composition. We speculate that these differences could be explained by the degree of sport professionalism due to in the previous research professional players were evaluated while we analyzed amateur players.

Another investigation¹⁹ evaluated anthropometric characteristics from Chilean professional soccer players ($n=406$). They observed differences in height, weight and fat mass in players from different positions and as result each player has his specific position in function of his body composition. Slightly lower values were observed in the sum of six skinfolds in this previous study in comparison with the data from the present study. However, it is probable that the professional level of these players could have influenced in these better results. Goalkeepers present significantly higher values for the sum of six skinfolds as this idea has been mentioned before in this paper. Additionally, a recent paper²⁰ described somatotype profiles of Chilean professional male soccer players ($n = 100$) (23 ± 4.4 years). As in the present study, goalkeepers showed the highest weigh. They also found that each position presented a different dispersion to the medium somatotype. This information must be taken in consideration in order to morphologic optimization in a specific position in the field.

To asses dietary habits in ninety elite women paddlers, they self-completed Kidmed questionnaire.¹² 85.56% of the paddlers took one fruit each day, 53.33% consumed a second fruit daily. 76.67% took vegetables once a day and 30% ate more than one ration a day. Any athlete analyzed went to a fast food restaurant. 90% of paddlers consumed dairy products for breakfast. While the answers to Kidmed questions in the current study are closer to another previous studies^{21–23} which analyzed Mediterranean diet adherence in youth general population. Possibly, dietary patterns of players evaluated in the present study are not completely adequate for athlete population because their answers are not similar to answers observed in athletes evaluated with the same method.¹⁴ Nutritional directions could be really useful to improve body composition and probably soccer performance.

The discoveries would be of interest to coaches and medical services of young soccer teams. Anthropometric measures and dietary patterns tests would be necessary in order to prescribe personalized training and diet plans in youth soccer players from a non-professional teams.

We admit that the study has limitations, the mean is that we cannot measure significant anthropometric differences in players position due to the sample size. Other limitations would be that we only have studied Spanish amateur male soccer players so consequently, we cannot extrapolate our results to all soccer players or team sports.

Body fat percentage, the sum of six skinfolds, the sum of eight skinfolds and somatotype results are in agreement with previous studies where youth non-professional soccer players were analyzed. Other studies have obtained lower values in body fat percentage or in the sum of six skinfolds due to they have evaluated professional soccer players. Anthropometric measures would be important to prescribed personalized diet and training plans.

Ethical disclosures

Protection of human and animal subjects. The authors declare that the procedures followed were in accordance with the regulations of the relevant clinical research ethics committee and with those of the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki).

Confidentiality of data. The authors declare that they have followed the protocols of their work center on the publication of patient data.

Right to privacy and informed consent. The authors declare that no patient data appear in this article.

Financing

The present research did not receive any kind of finding.

Conflicts of interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

References

- Abella del Campo M, Escortell Sánchez R, Sospedra I, Norte-Navarro A, Martínez-Rodríguez A, Martínez-Sanz JM. Características cineantropométricas en jugadores de baloncesto adolescentes. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 2016;20(1):23–31.
- García M, Martínez-Moreno JM, Reyes-Ortiz A, Suarez Moreno-Arrones L, García AA, García-Caballero M. Changes in body composition of high competition rugby players during the phases of a regular season; influence of diet and exercise load. *Nutr Hosp.* 2014;29(4):913–21.
- Requena B, García I, Suárez-Arrones L, Sáez de Villarreal E, Orellana JN, Santalla A. Off-season effects on functional performance, body composition and blood parameters in top-level professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2017;31(4):939–46.
- Sutton L, Scott M, Wallace J, Reilly T. Body composition of English Premier League soccer players: influence of playing position, international status, and ethnicity. *J Sports Sci.* 2009;27(10):1019–26.
- Norton K, Olds T. *Anthropometrica: a textbook of body measurement for sports and health courses.* 1a. ed. Sydney, Australia: UNSW Press; 1996.
- Mathews DK, Fox EL. *Bases fisiológicas da educação física e dos desportos.* 2a. ed. Rio de Janeiro, Brazil: Interamericana; 1979.
- Carter JEL, Heath BH. *Somatotyping. Development and Applications.* New York: Cambridge University Press; 1990.
- Gontarev S, Kalac R, Zivkovic V, Ameti V, Redjepi A. Anthropometrical characteristics and somatotype of young Macedonian soccer players. *Int J Morphol.* 2016;34(1):160–7.
- Perroni F, Vetrano M, Camolese G, Guidetti L, Baldari C. Anthropometric and somatotype characteristics of young soccer players: differences among categories, subcategories, and playing position. *J Strength Cond Res.* 2015;29(8):2097–104.
- Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001;41(4):463–9.
- Reeves S, Collins K. The nutritional and anthropometric status of Gaelic football players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003;13(4):539–48.
- Alacid F, Vaquero-Cristóbal R, Sánchez-Pato A, Muyor JM, López-Miñarro PÁ. Habit based consumptions in the Mediterranean diet and the relationship with anthropometric parameters in young female Kayakers. *Nutr Hosp.* 2014;29(1):121–7.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. *Physiological testing of the elite athlete.* Ottawa: Canadian Association of Sport Science; 1983. p. 75–115.
- Ross WD, De Rose EH, Ward R. Anthropometry applied to sport medicine. In: Dirix A, Knuttgen HG, Tittel K, editors. *The Olympic book of sports medicine.* Oxford: Blackwell Scientific Publication; 1988. p. 233–65.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. *Physiological testing of the elite athlete.* Champaign, IL: Human Kinetics; 1991. p. 223–308.
- Carter JEL, Aubbry P, Sleet DA. Somatotype of Montreal Olympic athletes. In: Carter JEL, editor. *Physical structure of Olympic athletes. Part I.* Karger. Basel: Medicine Sport Science; 1982. p. 53–80.
- Carter JEL. Body composition of Montreal Olympic athletes. In: Carter JEL, editor. *Physical structure of Olympic athletes. Part I.* Karger. Basel: Medicine Sport Science; 1982. p. 107–16.
- Serra-Majem L, Ribas L, Ngo J, Ortega RM, García A, Pérez-Rodrigo C, et al. Food youth and the Mediterranean diet in Spain Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* 2004;7(7):931–5.
- Jorquera Aguilera C, Rodríguez Rodríguez F, Torrealba Vieira MI, Campos Serano J, Gracia Leiva N, Holway F. Anthropometric characteristics of Chilean professional football players. *Int J Morphol.* 2013;31(2):609–14.
- Henríquez-Olguín C, Báez E, Ramírez-Campillo R, Cañas R. Somatotype profile of professional male soccer Chilean players. *Int J Morphol.* 2013;31(1):225–30.
- Durá Travé T, Castroviejo Gandarias A. Adherencia a la dieta mediterránea en la población universitaria. *Nutr Hosp.* 2011;26(3):602–8.
- Hernández Camacho JD, Rodríguez Lazo M, Bolaños Ríos P, Ruiz Prieto I, Jáuregui-Lobera I. Eating habits, excess weight and weight self-perception at school. *Nutr Hosp.* 2015;32(3):1334–43.
- Alonso FJ, Carranza MD, Rueda JD, Naranjo J. Composición corporal en escolares de primaria y su relación con el hábito nutricional y la práctica reglada de actividad deportiva. *Rev Andal Med Deporte.* 2014;7(4):137–42.



Artigo especial

Desempenho e *pacing* na prova de 200 m nado borboleta: variabilidade e relações dos tempos parciais de 50 m com o tempo final



F.A. de Souza Castro^{a,*}, F. Diefenthaler^b, F. Colpes^a, R. Peterson Silveira^a e M. Franken^a

^a Grupo de Pesquisas em Esportes Aquáticos, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

^b Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 25 de julho de 2015

Aceite a 16 de fevereiro de 2016

On-line a 6 de setembro de 2016

Palavras-chave:

Velocidade de nado

Natação

Cinemática

Análise de desempenho

R E S U M O

Objetivo: Analisar o desempenho e o *pacing* de prova dos semifinalistas da prova de 200 m nado borboleta do 15.º Campeonato Mundial de Natação da Federação Internacional de Natação (FINA).

Método: Os dados foram obtidos da página eletrônica da FINA. Os 32 tempos da etapa semifinal, masculina e feminina, foram divididos em 4 grupos: 8 homens classificados para a final (G1M), 8 homens não classificados (G2M), 8 mulheres classificados para a final (G1F) e as 8 mulheres não classificados (G2F). A velocidade de nado, para cada parcial de 50 m, foi estimada pelo quociente entre 50 m e o respectivo tempo. Foram calculados os coeficientes de variação de tempo das 4 parciais de 50 m e comparados entre os grupos (ANOVA). Tamanho de efeito foi verificado com *d* de Cohen. Correlacionou-se o desempenho (tempo total) com o tempo de cada parcial de 50 m (*r* de Pearson).

Resultados: O coeficiente de variação para as parciais de 50 m foi menor nos grupos dos finalistas de ambos os sexos (G1M e G1F) e menor para as mulheres. A terceira parcial de 50 m apresentou maior correlação com o desempenho final em ambos os sexos. A velocidade média caiu ao longo da prova em ambos os grupos.

Conclusão: O *pacing* para o melhor desempenho na prova é evitar variações de tempo ao longo dos 200 m nado borboleta e os treinamentos devem ser direcionados ao aprimoramento condicionante dessa parcial (150–200 m).

© 2016 Consejería de Turismo 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/>).

Rendimiento y ritmo en la carrera de 200 m mariposa: variabilidad y relación del tiempo parcial de 50 metros con el tiempo final

R E S U M E N

Objetivo: Analizar el desempeño y *pacing* durante la prueba de semifinalistas de 200 m mariposa del 15.º Campeonato Mundial de Natación de la Federación Internacional de Natación (FINA).

Método: Los datos fueron retirados de la página electrónica de la FINA. Los 32 tiempos de la semifinal masculina y femenina fueron divididos en cuatro grupos: ocho varones clasificados para el final de la prueba analizada (G1M), ocho varones no clasificados (G2M), ocho mujeres clasificadas (G1F) y ocho mujeres no clasificadas (G2F). La velocidad de nado para cada parcial de 50 m fue estimada por el cociente entre 50 m y su respectivo tiempo. Fueron calculados los coeficientes de variación del tiempo de los cuatro parciales de 50 m y comparadas entre los grupos (ANOVA). Se observó el tamaño de efecto con *d* de Cohen. Se analizó la correlación entre el rendimiento (tiempo total) y el tiempo de cada parcial de 50 m.

Palabras clave:

Velocidad de nado

Natación

Cinemática

Análisis de rendimiento

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: souza.castro@ufrgs.br (F.A. de Souza Castro).

Resultados: El coeficiente de variación para los parciales de 50 m fue menor en los grupos finalistas de ambos sexos (G1M e G1F) y menor para las mujeres. El tercer parcial de 50 m presentó mayor correlación con el rendimiento final en ambos sexos. La velocidad media disminuyó a lo largo de la prueba en ambos grupos.

Conclusión: El ritmo para el mejor rendimiento en la prueba es evitar la variación del tiempo a lo largo de los 200 m mariposa y el entrenamiento debe estar dirigido a la mejora de la condición física es ese parcial (150-200 m).

© 2016 Consejería de Turismo 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/>).

Performance and pacing in 200 m butterfly: variability and relations with the time 50 m parpartial and the final time

A B S T R A C T

Keywords:

Swimming velocity
Swimming
Kinematics
Performance analysis

Objective: To analyze performance and pacing in 200 m butterfly among the semifinalists in 15th FINA World Championship.

Methods: Data were obtained from FINA website. Thirty two semifinals performances were divided in four groups: eight male classified (G1 M), eight male unclassified (G2 M), eight female classified (G1F), and eight female unclassified (G2F). Swimming velocity for each 50 m partial was estimated by the quotient between distance and time. Coefficients of variation of the four 50 m partials were compared among groups (ANOVA). Effects sizes were identified by the Cohen's d. Total time (performance) was correlated with each 50 m partial time (Pearson's r).

Results: Coefficients of variation were lower for the groups with best performance in both sexes (G1F and G1 M) and in females. The third partial presented the larger correlation with overall performance. Average swimming velocity decreased along the event.

Conclusion: The best pacing is to maintain swimming velocity constant within each 50 m over the 200 m and the training should be directed to the conditional improvement of this split (150-200 m).

© 2016 Consejería de Turismo 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

Na natação competitiva, o objetivo é percorrer a distância da prova no menor tempo possível¹. Este objetivo é subjacente ao gasto energético e à velocidade de nado (VN). A forma como será distribuído o gasto energético e a velocidade utilizada durante o percurso de uma determinada prova é denominada de *pacing* de prova². Segundo St Clair Gibson et al.³, para que se alcance o ponto final de uma prova no menor tempo possível, sem que se atinja a exaustão antes do final desta mesma prova, um atleta necessita escolher um determinado *pacing* que seja o mais adequado para a mesma. Maglischo⁴ afirma que uma das decisões mais importantes tomadas por nadadores é a escolha do ritmo de percurso, ou seja, do *pacing* que será utilizado na prova.

Embora o desempenho em natação seja fácil de quantificar pelo tempo final em determinada prova⁵, este desempenho é influenciado por fatores fisiológicos e biomecânicos que se inter-relacionam visivelmente no modo como um nadador completa a sua prova, ou seja, pelo *pacing* adotado. Na natação, os *pacings*, ou os ritmos utilizados em provas, são de diferentes tipos. Maglischo⁴ cita 3 diferentes tipos de *pacing*: (1) ritmo uniforme (ou ritmo constante), quando o nadador visa manter a sua velocidade constante durante todo o percurso da prova; (2) ritmo rápido-lento (ou ritmo positivo), que se caracteriza por uma saída com alta intensidade e redução da velocidade ao longo da prova (em «J» invertido); (3) ritmo lento-rápido (ou ritmo negativo), os atletas nadam a primeira parte da prova mais lentamente do que a parte final (em «J»). Damasceno et al.², além de concordarem com os 3 tipos de *pacings* de prova supracitados, acrescentam outro perfil: o *pacing* de prova parabólica, que é caracterizado por um início de prova com alta intensidade, seguido por uma redução do

esforço na parte média da prova e, ao final, uma nova aceleração (em «U»).

Para a determinação de qual velocidade será utilizada em determinada prova, 2 fatores se tornam importantes: a distância a ser percorrida e/ou o tempo de duração da prova em questão⁶. Analisando atletas olímpicos, Maglischo⁴ observou que, em provas de 400 m nado livre, os *pacings* podem ser tanto com planos de ritmo uniforme, quanto com parciais negativas. Os resultados observados no estudo de Damasceno et al.² sugerem que, para provas de 800 e 1500 m, provas estas consideradas de longa distância, o perfil adotado pelos atletas foi, preferencialmente, o de ritmo parabólico, caracterizado por uma velocidade inicial alta, com uma diminuição no trecho médio da prova, seguido por um *sprint* final.

Entretanto, a prova de 200 m, independente do estilo de nado, apresenta maior complexidade, já que é uma prova realizada em alta intensidade, mas não tão curta quanto as provas de 50 e 100 m. Devido à sua duração, há grande participação do sistema energético glicolítico⁷, o que pode provocar altos níveis de fadiga já ao longo da prova. Assim, provas de 200 m apresentam uma condição de desafio tanto para o técnico, quanto para o nadador. Além disso, a técnica de borboleta, juntamente com a técnica de peito, é identificada como a menos econômica dentre as técnicas de nado⁸, o que pode, também, ter um importante papel em relação ao *pacing*. Ao se analisar, em conjunto, a distância em foco (200 m) e o estilo de nado (borboleta), verifica-se limitada produção científica aplicada às possibilidades de *pacing* de prova⁹. A partir dessas considerações prévias e considerando as relações entre tempo de prova e VN, o objetivo do presente estudo foi analisar o desempenho e o *pacing* de prova dos 32 semifinalistas da prova de 200 m nado borboleta do 15.º Campeonato Mundial de Natação da Federação Internacional de Natação (FINA).

Método

Sujeitos

A população deste estudo é de nadadores de nível mundial, especialistas na prova de 200 m nado borboleta. A amostra foi composta por 32 atletas de ambos os sexos, sendo que 16 eram atletas do sexo masculino (GM) e 16 atletas do sexo feminino (GF), que participaram nas semifinais da prova de 200 m borboleta do 15.º Campeonato Mundial de Natação da FINA, realizado em Barcelona em 2013. Os grupos de sexo foram divididos de acordo com os resultados da semifinal da prova em: (1) G1M, 8 nadadores classificados para a final; (2) G2M, 8 nadadores não classificados; (3) G1F, 8 nadadoras classificadas e (4) G2F, 8 nadadoras não classificadas.

Procedimentos

Todos os dados foram obtidos da página eletrônica da FINA, no dia 14 de agosto de 2013:

<http://omegating.com/File/Download?id=00010D020100030E01FFFFFFFFF02> e <http://omegating.com/File/Download?id=00010D020101032201FFFFFFFFF02>

O tempo total das provas e das parciais de cada 50 m foram as variáveis utilizadas para a análise dos dados. Assim, para a prova de 200 m nado borboleta, de ambos os sexos, foram analisadas 4 parciais de cada atleta. Os dados publicados na página da FINA, relativos às competições organizadas por esta instituição, são de domínio público e de livre acesso. Assim mesmo, não foram utilizados os nomes dos nadadores em nenhuma parte deste estudo.

Análise estatística

Todos os dados disponíveis nas páginas citadas foram transferidos para planilhas eletrônicas. Após, os dados de desempenho (tempo total dos 200 m e as parciais de cada 50 m) foram submetidos à análise de distribuição, aplicando-se o teste de Shapiro-Wilk, devido ao número de dados analisados ser menor que 50 por grupo. Foram calculadas as médias e respectivos desvios-padrão de cada uma das 4 parciais de 50 m e do tempo total da prova para cada um dos nadadores do estudo. Foi obtido, para cada nadador, o coeficiente de variação do tempo das 4 parciais de 50 m, em percentual, utilizando-se a Equação 1.

$$CV = (dp/med) * 100 \tag{1}$$

Onde CV é o coeficiente de variação, dp o desvio-padrão e med a média, ambos relativos aos tempos parciais dos 50 m.

As VN foram calculadas pelo quociente entre cada 50 m e o tempo para se realizar cada 50 m, sem desprezar a contribuição da saída e das viradas. As comparações entre os coeficientes de variação foram realizadas com a aplicação de uma ANOVA de 2 fatores (grupo e sexo), cada um com 2 níveis. Os efeitos principais e a interação foram analisados. Os tamanhos de efeito de cada fator sobre o coeficiente de variação foram identificados com a estatística

Tabela 1

Média, desvio-padrão e coeficiente de variação (CV - %) do desempenho (tempo total e tempo de cada parcial) de 50 m da prova de 200 m nado borboleta

Tempos (s)	G1M n=8	G2M n=8	G1F n=8	G2F n=8
Tempo total	115.8 ± 0.30 (0.26)	116.6 ± 0.48 (0.41)	127.1 ± 0.45 (0.35)	129.4 ± 2.12 (1.64)
Parcial 1	25.9 ± 0.19 (0.73)	25.9 ± 0.31 (1.20)	28.8 ± 0.36 (1.25)	29.0 ± 0.42 (1.45)
Parcial 2	29.6 ± 0.34 (1.15)	29.6 ± 0.36 (1.22)	32.5 ± 0.37 (1.14)	32.8 ± 0.37 (1.13)
Parcial 3	30.0 ± 0.23 (0.77)	30.4 ± 0.44 (1.45)	32.8 ± 0.23 (0.70)	33.5 ± 1.18 (3.52)
Parcial 4	30.2 ± 0.33 (1.09)	30.6 ± 0.34 (1.11)	32.9 ± 0.53 (1.61)	34.0 ± 0.84 (2.47)

G1F: mulheres classificadas para a final; G2F: mulheres não classificadas; G1M: homens classificados para a final; G2M: homens não classificados.

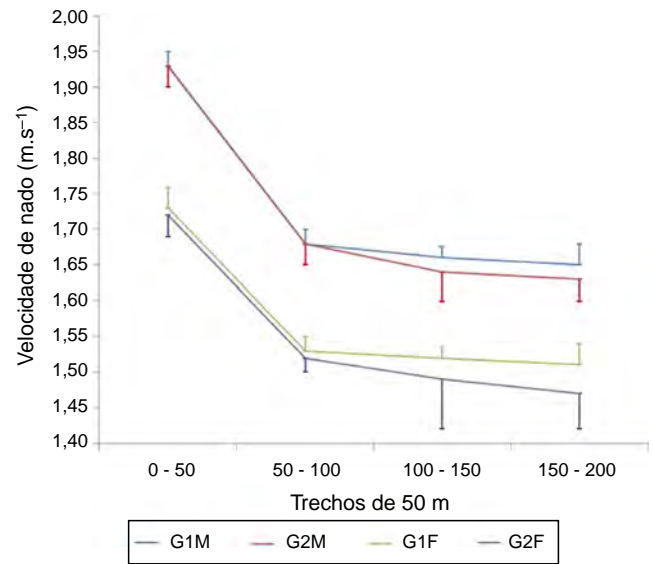


Figura 1. Velocidade de nado a cada trecho de 50 m, n = 32 (8 por grupo).

d de Cohen, cujos critérios de interpretação foram: de 0-0.2, trivial; de 0.21-0.6, pequeno; de 0.61-1.2, moderado; de 1.21-2.0, grande; e maior que 2.0, muito grande¹⁰. Ainda se analisaram as correlações entre o tempo total nos 200 m e o tempo parcial de cada 50 m, com a aplicação do teste de correlação linear produto-momento de Pearson. Todos os cálculos foram realizados no programa SPSS v.17.0, considerando-se p menor ou igual a 0.05 como significativo.

Resultados

A **tabela 1** apresenta as médias e desvios padrão das variáveis de tempo (total dos 200 m e de cada parcial de 50 m).

Os valores médios e respectivos desvios padrão dos coeficientes de variação relativos às parciais de cada 50 m, para os grupos G1M, G2M, G1F e G2F foram, respectivamente: 7.3 ± 0.34%; 7.6 ± 0.66%; 6.3 ± 0.86% e 7.9 ± 1.31%. Efeitos de sexo e grupo sobre os valores de coeficiente de variação foram identificados: sexo (F_{1, 28} = 4.15; p = 0.05; d de Cohen = 0.28) e grupo (F_{1, 28} = 4.96; p = 0.034; d de Cohen = 0.28). Não foi identificada interação entre os fatores. Assim, as mulheres (de ambos os grupos) e os grupos de nadadores classificados entre os 8 primeiros (ambos os sexos) apresentaram menor coeficiente de variação para as parciais de 50 m. Porém, os tamanhos de efeitos para cada fator foram considerados pequenos¹⁰. A **figura 1** apresenta o comportamento das velocidades médias de nado, a cada 50 m, para os 4 grupos, separadamente.

Pode-se verificar, na **figura 1**, desprezando-se o primeiro trecho, pelo efeito da saída do bloco, queda na VN, principalmente nos grupos de pior desempenho (G2M e G2F). As correlações entre o tempo total e o tempo de cada parcial dos 50 m, para ambos os sexos, independente de grupo, estão apresentadas na **tabela 2**.

Tabela 2

Correlações entre o desempenho (tempo total nos 200 m nado borboleta) e tempo de cada parcial de 50 m

	Masculino n = 16	Feminino n = 16
	Tempo total	
Parcial 1 (0-50 m)	r = 0.20; p = 0.45	r = 0.33; p = 0.20
Parcial 2 (50-100 m)	r = 0.14; p = 0.59	r = 0.55; p = 0.02
Parcial 3 (100-150 m)	r = 0.72; p = 0.002	r = 0.87; p < 0.001
Parcial 4 (150-200 m)	r = 0.51; p = 0.042	r = 0.83; p < 0.001

Para ambos os sexos, a parcial cujo tempo apresentou maior correlação com o tempo total nos 200 m foi a terceira. Do mesmo modo, o tempo da primeira parcial não apresentou correlação com o tempo total nos 200 m.

Discussão

O objetivo deste estudo foi de analisar o desempenho e o *pacing* dos 32 semifinalistas da prova de 200 m nado borboleta do 15.º Campeonato Mundial de Natação/FINA e verificar como se comportavam os tempos das parciais de cada 50 m da prova. Para tal, utilizou-se o coeficiente de variação do tempo como parâmetro de análise⁵. Os resultados demonstraram que o coeficiente de variação foi menor nas parciais dos atletas que se classificaram para as finais (G1M e G1F), em relação aos atletas que não se classificaram (G2M e G2F). Ou seja, os atletas que conseguiram a classificação, e consequentemente obtiveram um desempenho melhor, mantiveram os seus tempos de parciais mais próximos do que os que não conseguiram.

Considerando o *pacing* utilizado pelos nadadores deste estudo, segundo Maglischo⁴, o melhor para os 200 m nado borboleta é utilizar um plano de prova uniformemente ritmado, o que significa afirmar que o nadador deve manter um ritmo regular durante todo o percurso da prova. Tal *pacing* não foi encontrado no presente estudo. De acordo com o autor, os nadadores desta prova devem selecionar uma combinação de frequência e comprimento de braçadas que possam manter durante toda a prova, sem diminuir significativamente nenhum destes até o final do percurso. Já no estudo de Barbosa et al.⁹ foi verificado que, em provas de 200 m borboleta, atletas aumentam significativamente o seu gasto energético quando ocorre um aumento da frequência de braçadas (FC), e quando há um aumento na distância percorrida por ciclo de braçadas (DC), a tendência é de haver uma redução do custo energético.

De acordo com Maglischo⁴ e Barbosa et al.⁹, um possível *pacing* para a prova de 200 m nado borboleta é manter a frequência e o comprimento das braçadas, a fim de sustentar o mais próximo possível os tempos das parciais durante toda a prova e evitar um aumento de gasto energético. Ressalta-se que esses parâmetros de análise de desempenho (FC e DC) não foram investigados no presente estudo. No entanto, como a VN é o produto entre tais parâmetros, pode-se verificar, com a análise da [figura 1](#), que os nadadores, em média, não mantiveram a VN constante. No primeiro trecho de 50 m, a VN foi influenciada pela saída do bloco, além de que os nadadores começam a prova em repouso, ou seja, é a parcial que possui menor efeito da fadiga; assim, justifica-se a maior VN. Tal comportamento já foi previamente identificado em provas de 200 m, porém em nado crawl, diferentemente do presente estudo que analisou as provas de nado borboleta^{11,12}. Porém, a partir do segundo trecho de 50 m, foi clara a tendência de redução da VN, principalmente nos grupos de pior desempenho, para ambos os sexos (G2M e G2F).

Já Bishop et al.¹³ demonstraram que numa prova de remo, com duração de 2 min (muito similar aos tempos médios do presente estudo), o melhor desempenho foi obtido com um *pacing* que

utilizou uma saída rápida, quando comparada com um *pacing* constante. Uma possível explicação para isso foi que, por mais que houvesse uma cinética de consumo de oxigênio mais rápida, não houve mudanças significativas no *déficit* de oxigênio acumulado. Contudo, apresenta-se como limitação o fato de o estudo de Bishop et al.¹³ ter sido realizado com o remo e não com natação, como no presente estudo. Embora o remo seja um esporte realizado dentro da água, há que se considerar a interface atleta-água (barco), que não existe na natação, e a técnica propulsiva com remos (remada), diferente em relação à natação.

Com base em autores que concentram os seus estudos na natação competitiva e com os resultados obtidos neste estudo, parece que um possível *pacing* para se atingir um bom desempenho em provas de 200 m borboleta é manter um ritmo constante durante toda a prova, caracterizado por menores quedas de VN ao longo da mesma. Contudo, vale ressaltar que se fazem necessários mais estudos sobre o assunto, visto que há poucos dados para se chegar a um senso comum.

Quando foi realizada a comparação da variação das parciais entre os sexos, as mulheres apresentaram menor coeficiente de variação que os homens. É reconhecido na literatura que nadadoras são mais econômicas do que os homens¹⁴⁻¹⁶. Segundo Caputo et al.¹⁴, as diferenças no custo energético de nado entre indivíduos parecem ser influenciadas por 2 fatores principais: a resistência hidrodinâmica e a habilidade técnica do nadador. No mesmo estudo, Caputo et al.¹⁴ sugerem que a diferença no custo energético entre homens e mulheres pode ser pela diferente densidade corporal e pelas características antropométricas. Enquanto o corpo está alinhado horizontalmente, o tronco tende a flutuar enquanto os membros inferiores tendem a submergir. Como as mulheres possuem mais gordura corporal que os homens e a gordura é menos densa que ossos e músculos, os membros inferiores femininos possuem mais flutuabilidade e, assim, elas podem necessitar de menos energia para manter o corpo na horizontal, e uma posição mais horizontal pode reduzir significativamente o arrasto.

No estudo de Schnitzler et al.¹⁵ foram encontradas diferenças significativas no que diz respeito aos valores de variação de velocidade intracíclica, entre homens e mulheres, nas mais diferentes velocidades. As mulheres apresentaram valores significativamente mais baixos que os homens. Esta menor variação intracíclica poderia ser explicada pelo fato de nadadoras apresentarem menores valores para estatura, peso e envergadura do que os homens^{15,16}. Segundo Toussaint et al.¹⁶, estas características resultam em menor arrasto a ser superado pelas mulheres quando comparadas aos homens, em qualquer que seja a VN. Esta menor resistência oferecida às mulheres resulta numa menor diminuição da velocidade do ciclo de nado, o que poderia explicar o porquê a variação da velocidade intracíclica de nado das mulheres ser menor do que a dos homens^{15,16}.

Atletas que mantêm variação da velocidade intracíclica de nado pequena são mais econômicos que atletas que apresentam mais alta variação^{1,17}. Como as mulheres, pelas suas características físicas, possuem uma variação de velocidade intracíclica menor que os homens, pode-se sugerir que mulheres são mais econômicas, na natação, que os homens. A consequência dessas diferenças é que, num mesmo ritmo, o sexo feminino apresenta menor velocidade, mas devido às suas características, elas apresentam também menor resistência, menor variação intracíclica de nado e, consequentemente, menor gasto energético do que o sexo masculino. Como o presente estudo focou nas variações de tempo entre as parciais, método mais próximo da realizada de análise por treinadores, sem a necessidade de equipamentos ou análises mais sofisticadas que permitam obtenção de dados como a variação da velocidade intracíclica de nado, acredita-se que as mesmas justificativas para as nadadoras apresentarem nado mais econômico podem ser

empregadas para a menor variação percentual de tempo para as mulheres encontrada neste estudo.

Já em relação aos resultados das análises de correlação, foi visto que a terceira parcial (dos 100 para os 150 m) foi a que apresentou maior correlação com o desempenho final para ambos os sexos. Também foi encontrado que a primeira parcial não apresentou correlação com o tempo total nos 200 m. O fato de a primeira ser a parcial mais rápida entre as 4 parciais da prova, tanto dos classificados quanto dos não classificados, explica-se porque os atletas começam a prova com saída de bloco e descansados, o que permite uma maior VN, com menor esforço. Assim, o menor tempo nesta parcial não garante que o nadador tenha realmente realizado o maior esforço entre as 4 parciais. O que se observou é que aqueles que fizeram a primeira parcial de 50 m em tempo menor não são os mesmos que atingem o menor tempo na prova (melhor desempenho). De acordo com os resultados, a terceira parcial apresentou a mais forte correlação com o desempenho final; logo, recomendações de *spacing* adequado seriam: (1) não sejam concentrados grandes esforços na primeira parcial, visto que não apresenta correlação com o desempenho total, e (2) focar-se nas 3 últimas parciais, principalmente na terceira parcial. Tais cuidados levariam a menor queda da VN, o que parece ser o *spacing* mais adequado para um melhor desempenho na prova de 200 m nado borboleta. Por outro lado, como o resultado numa prova esportiva é consequência de diversos fatores, incluindo o treinamento prévio, para que o nadador consiga o melhor *spacing*, métodos e conteúdos de treinamento que desenvolvam as capacidades condicionantes e coordenativas de modo específico para este tipo de *spacing* devem ser estimulados. Assim, treinamento de tolerância láctica⁴, por exemplo, deve estar presente no treinamento específico para os 200 m nado borboleta.

A nossa principal conclusão é que os atletas mais bem classificados apresentaram menor coeficiente de variação em relação os tempos parciais de cada 50 m. A VN apresentou maior queda ao longo da prova nos grupos de pior desempenho. A terceira parcial foi aquela cujo tempo apresentou maior correlação com o desempenho final. O *spacing* mais adequado para esta prova parece ser aquele com menor variação de tempo/velocidade entre os parciais de 50 m, especialmente a partir da metade da prova.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Bibliografia

1. Barbosa TM, Bragada JA, Reis VM, Marinho DA, Carvalho C, Silva AJ. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *J Sci Med Sports*. 2010;13(2):262-9.
2. Damasceno M, Correia-Oliveira CR, Narita T, Pasqua L, Bueno S, Lima-Silva AE, et al. Estratégia adotada em provas de natação estilo crawl: uma análise das distâncias de 800 e 1500 m. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2013;15(3):361-70.
3. St Clair Gibson A, Lambert EV, Rauch LH, Tucker RH, Baden DA, Foster C, et al. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. *Sports Med*. 2006;36(8):705-22.
4. Maglischo EW. *Swimming Fastest*. Champaign, Illinois United States of America: Human Kinetics. 2003.
5. Castro FAS, Mota CB. Desempenho em 200 m nado crawl sob máxima intensidade e parâmetros cinemáticos do nado. *Rev Bras Biomec*. 2008;9(17):116-23.
6. Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med*. 2008;38(3):239-52.
7. Gastin P. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*. 2001;31(10):725-41.
8. Barbosa TM, Fernandes R, Keskinen KL, Colaço P, Cardoso C, Silva J, et al. Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *Int J Sports Med*. 2006;27(11):894-9.
9. Barbosa TM, Keskinen KL, Fernandes R, Colaço P, Carmo C, Vilas-Boas JP. Relationships between energetic, stroke determinants and velocity in butterfly. *Int J Sports Med*. 2005;26(10):841-6.
10. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*. 2000;30(1):1-15.
11. Castro FAS, Mota CB. Energética e desempenho em 200 m nado crawl realizado sob máxima intensidade. *Rev Bras Ciênc Mov*. 2010;18(2):67-75.
12. Vilas-Boas JP, Souto S, Pinto J, Ferreira MI, Duarte M, Silva JVS, et al. Estudo cinemático 3D da afecção da técnica de nado pela fadiga específica da prova de 200 m livres. IX Congresso Brasileiro de Biomecânica. Gramado: 29 de maio a 01 de junho de 2001.
13. Bishop D, Bonetti D, Dawson B. The influence of pacing strategy on VO2 and supramaximal kayak performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(6):1041-7.
14. Caputo F, Oliveira MFM, Denadai BS, Greco CC. Intrinsic factors of the locomotion energy cost during swimming. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(6):356-60.
15. Schnitzler C, Seifert L, Ernwein V, Chollet C. Arm coordination adaptations assessment in swimming. *Int J Sports Med*. 2008;29(6):480-6.
16. Toussaint HM, de Groot G, Savelberg HH, Vervoorn K, Hollander AP, van Ingen Schenau GJ. Active drag related to velocity in male and female swimmers. *J Biomech*. 1988;21(5):435-8.
17. Silva AJ, Reis VM, Marinho DA, Carneiro AL, Novaes G, Aidar FJ. Economia de nado: fatores determinantes e avaliação. *Rev Bras Cineantropom Desemp Hum*. 2006;8(3):93-9.



III Congreso Internacional de Optimización del Entrenamiento y Readaptación Físico-Deportiva. 1 y 2 de abril 2016. Sevilla



III International Conference of Training Optimization and Sport and Physical Readaptation. 1-2 April 2016. Seville

Efectos de la frecuencia semanal de entrenamiento sobre la hipertrofia y la fuerza muscular en individuos entrenados



R. Timón, B. Bugarín, I. Martínez-Guardado, M. Marcos, M. Camacho-Cardenosa, G. Olcina
Palabras clave: Hipertrofia; Fuerza muscular; Sobrecarga; Frecuencia de entrenamiento

Objetivo. Comparar los efectos sobre la hipertrofia y la fuerza muscular de dos rutinas de entrenamiento con el mismo volumen y diferente frecuencia de entrenamiento semanal.

Método. Catorce sujetos entrenados (22 ± 2 años) se dividieron en 2 grupos experimentales que entrenaron durante 6 semanas. Un grupo (G1) entrenó cada grupo muscular una vez por semana con una rutina *Split* de entrenamiento, y el otro grupo (G2) entrenó cada grupo muscular tres veces por semana con una rutina *Fullbody*. Se realizó un volumen semanal de nueve series de repeticiones por cada grupo muscular. Se midió la composición corporal, los perímetros musculares y la fuerza máxima mediante test de una repetición máxima (1RM) antes y después del entrenamiento.

Resultados. Se produjo un aumento de la hipertrofia muscular en ambos grupos, aunque sin diferencias significativas entre ellos. En relación con la fuerza muscular, G1 obtuvo mayores mejoras que G2 en los test de 1RM de press de banca (11.2 ± 4.3 vs. 7.3 ± 3.6 kg), curl de bíceps (3.1 ± 0.8 vs. 2.2 ± 0.7 kg) y elevaciones laterales (2.9 ± 1 vs. 1.6 ± 0.8 kg).

Conclusiones. Ambas rutinas de entrenamiento con un mismo volumen semanal produjeron efectos similares sobre la hipertrofia muscular, sin embargo, la rutina en *Split* resultó más efectiva que la rutina *Fullbody* para producir aumentos de la fuerza muscular del tren superior, no así en el tren inferior.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.002>

Estudio descriptivo del clima motivacional hacia el deporte en estudiantes de grado en Educación Primaria de Granada



R. Chacón, J.F. López, P.A. Valdivia, F. Zurita, T. Espejo, M. Castro
Palabras clave: Clima motivacional; Universitarios; Educación Física

Objetivo. Definir el clima motivacional hacia el deporte en estudiantes de grado en Educación Primaria que cursan la asignatura de Enseñanza de la Educación Física.

Método. Se realizó un estudio de tipo descriptivo y corte transversal en una muestra constituida por 490 estudiantes universitarios que cursaban Enseñanza de la Educación Física en Educación Primaria, con una distribución por sexo del 39.4% ($n=193$) de hombres y un 60.6% ($n=297$) de mujeres. Los instrumentos utilizados fueron el cuestionario PMCSQ-2 y un cuestionario ad hoc para aspectos sociodemográficos.

Resultados. Se obtuvo que el Clima Motivacional de los estudiantes universitarios de grado en Educación Primaria se orientaba principalmente al Clima Tarea, lo que podría deberse a su formación docente. De este modo, esta dimensión y sus categorías Aprendizaje Cooperativo y Papel Importante revelaron valores medios que duplicaban a los del Clima Ego y sus categorías Castigo por Errores, Papel Importante y Castigo por errores.

Conclusiones. Este estudio presenta información valiosa para la configuración de la enseñanza de la Educación Física en universitarios, mostrando las orientaciones hacia la competición y el trabajo colaborativo en el alumnado para adaptar los estilos de aprendizaje.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.003>

Análisis del clima motivacional en judocas



M. Castro, R. Chacón, T. Espejo, F. Zurita, J. López, C. Pinel

Palabras clave: Clima Motivacional; Judo; Nivel competitivo; Chile

Objetivo. El objetivo general de este estudio es determinar y analizar las relaciones existentes entre el clima motivacional (Clima Tarea y Clima Ego) y el nivel competitivo de judocas chilenos (Aficionado, Amateur, Semiprofesional y Profesional).

Método. Se analizaron 148 deportistas practicantes de judo de siete clubes deportivos de Chile, la muestra se estratificó con dos criterios: Clubes y Niveles Competitivos, representando el 10.64% del universo total en el caso de los de los profesionales y no profesionales, se obtuvo un error muestral total del 0.08; mientras que por estratos nos proporciona errores de muestreo en ambos casos del 0.09. Se utilizó el cuestionario de Clima Motivacional PMCQS-2 y una hoja de autorregistro para el nivel competitivo.

Resultados. Respecto al clima motivacional y el nivel competitivo de los judocas, se ha encontrado que en el Clima Ego y sus categorías los judocas obtienen puntuaciones similares, sin embargo, en las categorías del Clima Tarea, Aprendizaje Cooperativo y Esfuerzo/Mejora, los deportistas profesionales y semiprofesionales obtienen valores más altos que los deportistas amateurs y aficionados.

Conclusiones. Se puede concluir que los judocas se orientan más hacia el Clima Tarea, basándose en el esfuerzo y trabajo, y los deportistas que se encuentran en los niveles competitivos más altos valoran más la cooperación y el esfuerzo. Sin embargo, los deportistas de niveles competitivos más altos no tienen niveles más altos en el Clima Ego y en su categoría Rivalidad, como podría intuirse.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.004>

La influencia del género sobre la actividad física competitiva en escolares



T. Espejo-Garcés, M. Castro-Sánchez, A. Martínez-Martínez, A.J. Pérez-Cortés, R. Chacón-Cuberos, F. Zurita-Ortega

Palabras clave: Actividad física; Escolares; Género; Competición; Motivación

Objetivo. Determinar los niveles de actividad física, parámetros de competición y motivos de la práctica en escolares de Granada, así como establecer posibles relaciones en función del género.

Método. Se ha realizado un test ad hoc sobre aspectos socio-demográficos y cuestiones para la determinación de las variables actividad física, liga intercolegial, federado/a, frecuencia de práctica y motivo de práctica.

Resultados. Participaron 517 escolares (M = 10.3 años; DT = 1.5), y los resultados determinaron que el 15.7% de los participantes no practicaban actividad física, perteneciendo el 76.5% a casos femeninos. Del mismo modo, no estaban federados/as un 62.3% ni habían participado en liga intercolegial un 74.3%. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la práctica de actividad física, la frecuencia de práctica, la motivación y la pertenencia a una federación con el género ($p = 0.000$, $p = 0.000$, $p = 0.000$, $p = 0.045$).

Conclusiones. Ocho de cada diez practicaban actividad física, estableciéndose que tres cuartas partes de los que no lo hacían eran chicas. Aproximadamente seis de cada diez escolares no estaban federados, destacándose en los casos femeninos mayor porcentaje. Del mismo modo, siete de cada diez realizaban actividad física por gusto con independencia del género.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.005>

Hipertermia: aclimatación al calor y posibles efectos en parámetros cardiopulmonares



M. Perez-Quintero, J. Squier-Coll, I. Bartolomé, F.J. Grijota, J. Montero, M. Maynar
Palabras clave: Estrés térmico; Aclimatación; Cardiopulmonar

Objetivo. Valorar el efecto que provoca en diversos parámetros cardiopulmonares un periodo de tres semanas de aclimatación en sauna a altas temperaturas.

Método. Diecinueve sujetos varones (peso: 75.14 ± 9.27 kg; talla: 177.7 ± 5.7 cm, índice de masa corporal: 23.69 ± 1.89 kg.m⁻²) realizaron cuatro días de mediciones, dos a temperaturas de 23 ± 2 °C y dos en sauna a 45 ± 2 °C, con una humedad relativa estable del $40 \pm 10\%$ con un periodo de aclimatación de tres semanas en sauna a 100 ± 10 °C. Los datos se obtuvieron con un espirómetro portátil y se registraron la máxima ventilación voluntaria, el flujo espiratorio máximo, la capacidad vital forzada y el volumen espirado forzado en el primer segundo. Otros parámetros respiratorios se midieron con un analizador de gases: el consumo de oxígeno, la tasa de producción de dióxido de carbono, el volumen por minuto y la frecuencia respiratoria.

Resultados. Se observaron diferencias significativas en el consumo de oxígeno (0.33 ± 0.13 vs. 0.53 ± 0.14 L/min) y en la tasa de producción de dióxido de carbono (0.27 ± 0.09 vs. 0.42 ± 0.11 L/min) observándose un incremento en estos valores mientras que el resto de parámetros espirométricos y cardiorrespiratorios se mantuvieron constantes sin grandes cambios.

Conclusiones. Los resultados ponen de manifiesto que una aclimatación en sauna a altas temperaturas podría ser efectiva para conseguir adaptaciones y mejoras en el sistema cardiopulmonar.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.006>

Efecto del entrenamiento combinado de fuerza en variables biomecánicas del salto vertical en jugadoras de baloncesto



A. Sánchez-Sixto
Palabras clave: Salto vertical; Biomecánica; Cinética; Cinemática; Entrenamiento de fuerza

Objetivo. Examinar el efecto del entrenamiento combinado de fuerza en mujeres en los parámetros biomecánicos relacionados con el salto vertical.

Método. Veinte mujeres (grupo control: 23.5 ± 3.7 años y grupo entrenamiento: 24.1 ± 3 años) jugadoras de baloncesto, con experiencia en entrenamiento pliométrico, fueron asignadas de forma aleatoria a dos grupos: grupo control y grupo experimental. El grupo experimental realizó dos sesiones por semana de entrenamiento combinado: sentadilla profunda (55-75% de una repetición máxima (1RM) de 3-6 repeticiones) y entrenamiento pliométrico (5-7 series de 5 saltos repetidos). La velocidad de desplazamiento de la barra durante la fase concéntrica de la sentadilla fue utilizada para determinar el porcentaje de la 1RM y el salto con contramovimiento fue medido antes y después de las seis semanas de entrenamiento.

Resultados. Se encontraron mejoras significativas en la altura del salto vertical en el grupo experimental (12.8%). También se hallaron incrementos en la velocidad máxima alcanzada durante el contramovimiento y en la posición de máxima profundidad del centro de masas en la fase de bajada (14.4%). No se encontraron diferencias significativas en la fuerza máxima durante la fase de subida.

Conclusiones. Los resultados de este estudio muestran que el entrenamiento combinado mejora el rendimiento en el salto vertical en jugadoras de baloncesto y modifica el desplazamiento y las velocidades del centro de masas.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.007>

Caracterización del saque en voleibol en el Campeonato de Europa de Selecciones Masculinas



A. Valhondo-Estévez, C. Fernández-Echeverría, C. Claver-Rabaz, J. González-Silva, M.P. Moreno-Arroyo
Palabras clave: Voleibol; Saque; Alto nivel

Objetivo. Analizar las características del saque en voleibol masculino de alto nivel.

Método. La muestra está compuesta por 3292 acciones de saque, correspondiente a los 16 equipos participantes en el Campeonato de Europa de Selecciones Masculinas de categoría absoluta. Se estudiaron las siguientes variables: origen del saque, técnica de golpeo, dirección del saque, zona de envío, función del receptor, técnica de recepción y eficacia del saque.

Resultados. La categoría más frecuente de cada variable es: origen del saque: zona 1 (47.4%); técnica de golpeo: salto potente (57.7%); dirección del saque: diagonal media (40.8%); zona de envío: central (83.8%); función del receptor: receptor zaguero (38.7%); técnica de recepción: antebrazos (85.7%); eficacia del saque: no permite atacar (47.2%).

Conclusiones. El saque realizado por los jugadores de alto nivel se caracterizó por ser realizado desde zona 1, con un golpeo potente hacia zonas centrales del campo, con trayectorias diagonales medias, provocando fundamentalmente una recepción de antebrazos, tratando de evitar la recepción del jugador líbero y dificultando la construcción de primeros tiempos de ataque. Dichos resultados pueden ser considerados en el proceso de entrenamiento de esta acción de juego en voleibol masculino de alto nivel.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.008>

Estrategias de prevención de lesiones en jugadores de baloncesto



I. Palmero
Palabras clave: Estrategias; Prevención; Lesiones; Baloncesto

Objetivo. Realizar una revisión bibliográfica en la literatura científica sobre las estrategias de prevención de lesiones más utilizadas en baloncesto.

Método. Hemos realizado una búsqueda a través de PubMed, utilizando las palabras clave «strategies», «programs», «prevention», «injuries» y «basketball». De los 49 artículos encontrados, 16 se ajustaban a nuestro estudio.

Resultados. Hemos analizado programas de entrenamiento/calentamiento específicos, uso de material ortopédico, valoraciones funcionales, análisis biomecánico y de patrón motor. Las estrategias de prevención encontradas han sido muy diversas, la mayoría dirigidas a las lesiones de miembros inferiores; a las más graves producidas en baloncesto (LCA) y a las más comunes (lesiones de tobillo). En cuanto al sexo y la edad, la mayor parte de los estudios se centraban en el baloncesto femenino en edad de instituto y universidad. Cabe destacar que todos los estudios son muy recientes, la mayoría realizados en los últimos cinco años.

Conclusiones. Existe una gran variedad de estrategias de prevención de lesiones en miembros inferiores según la edad, el mecanismo de lesión y el nivel de práctica. No hay un patrón específico seguido por los técnicos a la hora de realizar un trabajo global de prevención de lesiones. En cambio, sí que encontramos una relación directa entre el tipo de lesión y las estrategias utilizadas. Especialmente en lesiones de ligamento cruzado anterior en mujeres, donde programas específicos de control del patrón motor, propiocepción y fortalecimiento de músculos isquiotibiales reducen este tipo de lesiones.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.009>

Análisis de la acción de bloqueo en voleibol de categoría juvenil masculina



M. Conejero, F. Claver, C. Fernández-Echeverría, A. Práxedes, M.P. Moreno
Palabras clave: Voleibol; Bloqueo; Toma de decisiones; Eficacia

Objetivo. Analizar las características del bloqueo en voleibol masculino de categoría juvenil.

Método. La muestra está compuesta por 1817 acciones de bloqueo, correspondientes a los 21 equipos participantes en el Campeonato de España de clubes de categoría Juvenil Masculina de voleibol. Se estudiaron las siguientes variables: tipo de bloqueo: individual, doble y triple; toma de decisiones: inadecuada y adecuada, valorando la actuación de cada uno de los jugadores participantes en el bloqueo; eficacia del bloqueo: error, permite atacar equipo bloqueado o *free-ball* del equipo bloqueador, no permite ataques a primeros tiempos para ambos equipos, *free-ball* para el equipo rival o permite atacar al equipo bloqueador, y punto directo.

Resultados. La categoría más frecuente de cada variable es: tipo de bloqueo: doble (75%); toma de decisiones: adecuada (61.3%); eficacia del bloqueo: error (32.5%).

Conclusiones. En categoría juvenil masculina de voleibol suele realizarse bloqueo doble, tomando los jugadores frecuentemente óptimas decisiones en bloqueo, pero con reducida eficacia en dicha acción. Optimizar la eficacia del bloqueo, debido a su importancia en juego, se convierte en una cuestión fundamental a considerar en el proceso de entrenamiento.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.010>

Análisis de carga interna y externa en competición oficial con jugadoras semiprofesionales de baloncesto



H. Salazar, J. Calleja-González, I. Arratibel, A. Vaquera, N. Terrados
Palabras clave: Baloncesto; Frecuencia cardíaca; Time-motion; Mujer

Objetivo. El objetivo de esta investigación es la descripción del baloncesto semiprofesional femenino. Por ello, se estudiaron las siguientes variables: frecuencia cardíaca (FC), concentración de lactato sanguíneo [bLa] y variables físicas como: distancia recorrida, número de aceleraciones y zonas de velocidad.

Método. Once jugadoras (176.4 ± 11.7 cm, 70.82 ± 11.27 kg) de Liga Femenina 2 Española participaron en el estudio. Se analizaron seis partidos de temporada regular. Se registró la FC y variables físicas mediante acelerometría (Polar Team Pro) durante el «tiempo útil» de juego. Tras cada sustitución, se tomaba una muestra de [bLa] pasados 30 s en el banquillo. Antes del estudio, las jugadoras realizaron el «20-m Shuttle run test» para conocer su FCmáx.

Resultados. En cuanto a la carga interna, se obtuvieron 163.0 ± 11.7 ppm ($87.6 \pm 4.5\%$ FCmáx) y 6.02 ± 2.84 mmol L⁻¹. El 82.7% del tiempo las jugadoras lo pasaban a intensidades por encima del 80% FCmáx. Durante los partidos, las jugadoras recorrían una distancia por minuto de 57.10 ± 6.30 m para un total de 3517 ± 1482 m. El 87.60% de las aceleraciones registradas estaban comprendidas entre -1.9 y 1.9 m s⁻². Las jugadoras corrieron 82.12 ± 77.65 m a velocidades superiores a 19 km h⁻¹.

Conclusiones. Las altas demandas físicas y fisiológicas (87.55% FCmáx) ocurrientes durante los partidos describen el baloncesto femenino como un deporte intermitente de alta intensidad donde la contribución tanto de las vías aeróbicas como anaeróbicas cobran importancia en el transcurso del partido y deben ser correctamente entrenadas.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.011>

Mediciones post-ejercicio para estimar el consumo de oxígeno pico en pruebas de 200 y 400 m de natación



D. Chaverri, X. Iglesias, F.A. Rodríguez
Palabras clave: Retroextrapolación; Frecuencia cardíaca; Modelaje matemático

Objetivo. Comparar el VO₂ pico medido en dos pruebas máximas de 200 y 400 m con el estimado mediante procedimientos post-ejercicio al objeto de determinar su validez y precisión.

Método. Once nadadores de élite realizaron dos pruebas máximas de 200 y 400 m en sesiones separadas. El VO₂ y la FC se midieron durante prueba y recuperación (3 min). VO₂ pico (-20-0) fue la media del VO₂ de los últimos 20 s de ejercicio en la prueba de 200 m (criterio). Se compararon (RM ANOVA) diferentes métodos de estimación utilizando valores post-ejercicio: 1) media de los primeros 20 s [VO₂ pico (0-20)]; 2) retroextrapolación (RE) de los primeros 20 s (RE20), lineal y semilogarítmica de 3 y/o 4 intervalos de 20 s [RE (3U4 × 20; LOG (3U4 × 20)); y 3) modelaje matemático de la cinética de la FC y el VO₂ [pVO₂ (0-20)].

Resultados. No se observaron diferencias en el VO₂máx entre pruebas ($p=0.16$), ni se evidenció interacción prueba/método ($p=0.14$). El valor criterio (3463 ± 708 mL min⁻¹) no difirió del pVO₂ (0-20), el RE20 y el VO₂ pico (0-20). No obstante, el pVO₂ (0-20) (400 m: 3570 ± 587 mL min⁻¹; 200 m: 3509 ± 636 mL min⁻¹; $p > 0.99$), mostró el error estándar de estimación más reducido (400 m: 228 mL min⁻¹, 6.6%; 200 m: 177 mL min⁻¹, 5.1%).

Conclusiones. En natación, el VO₂ pico puede ser estimado mediante medidas post-ejercicio siendo el modelo matemático basado en la cinética de la FC y el VO₂ el que muestra una mayor precisión. Una prueba máxima de 200 m permite determinar el VO₂máx en nadadores.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.012>

Rendimiento en pruebas de triatlón olímpico en las Series Mundiales de Triatlón 2015



D. Chaverri, X. Iglesias, F.A. Rodríguez
Palabras clave: Natación; Ciclismo; Carrera a pie

Objetivo. Determinar la influencia de cada segmento y evaluar la capacidad predictiva de los modelos multivariados discriminantes en pruebas de triatlón olímpico de las Series Mundiales 2015 (WTS 2015).

Método. Los 40 primeros clasificados, mujeres (M) y hombres (H), se categorizaron en cuatro grupos en función de la posición final ($1-10.^{\circ}$; $11-20.^{\circ}$; $21-30.^{\circ}$ y $31-40.^{\circ}$) en cinco pruebas de triatlón olímpico (WTS 2015). Una vez comprobada la normalidad y la homocedasticidad, se estandarizaron (puntuaciones Z) las variables de rendimiento (tiempos por segmento, transiciones y final). Se valoró la capacidad predictiva del conjunto de variables en la posición final de cada prueba y para toda la temporada mediante el análisis multivariado de primera función discriminante con validación cruzada dejando uno fuera (LOO-CV).

Resultados. La carrera a pie fue el único segmento incluido en la primera función discriminante en todos los modelos, presentando el mayor poder discriminante (coeficiente estandarizado: M: 1.195-1.872; H: 1.000-1.554), seguido del ciclismo (M: 1.001-1.393; H: 0.825-1.112) y la natación (M: 0.610-0.837; H: 0.765-0.836). El porcentaje de triatletas clasificados correctamente por los modelos desarrollados analizando las carreras por separado (M: 78-100% [75-90% LOO-CV]; H: 83-90% [75-90% LOO-CV]), fue mayor que realizando el análisis conjunto de las cinco pruebas (M: 87% [86% LOO-CV]; H: 78% [76% LOO-CV]).

Conclusiones. El rendimiento en triatlón olímpico puede modelarse satisfactoriamente mediante el análisis multivariado de función discriminante. El tiempo en el segmento de carrera a pie presenta la mayor capacidad predictiva del rendimiento global.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.013>

Efectos de un entrenamiento High Intensity Interval Training (HIIT) en condiciones de hipoxia sobre el consumo máximo de oxígeno y la serie roja en deportistas de resistencia



I. Martínez, R. Timón, M. Marcos,
 A. Camacho-Cardenosa, M. Camacho-Cardenosa,
 J. Brazo-Sayavera
Palabras clave: Hipoxia normobárica;
 Entrenamiento interválico de alta intensidad;
 Hemoglobina; Hematocrito; VO₂máx

Objetivo. Valorar el efecto que produce un High Intensity Interval Training (HIIT) en hipoxia sobre la serie roja y el rendimiento aeróbico.

Método. Veinticuatro deportistas de resistencia se asignaron aleatoriamente en dos grupos: hipoxia y normoxia. Los participantes realizaron ocho sesiones de entrenamiento con dos series de cinco sprints de 10 s con 20 s de recuperación entre sprints y 10 min entre series. Se determinó el hematocrito, la concentración de hemoglobina y el VO₂máx con el YO-YO test. Las mediciones fueron realizadas antes, después y tras un periodo de 15 días de desentrenamiento.

Resultados. Tras el periodo de desentrenamiento, se observó que los valores de hemoglobina (15.82 ± 0.77 vs. 13.63 ± 1.31 g/dL) y hematocrito (46.88 ± 2.56 vs. $40.12 \pm 3.29\%$) del grupo hipoxia fueron significativamente mayores que los del grupo de normoxia. No se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en los valores de VO₂máx.

Conclusión. Ocho sesiones de HIIT en hipoxia aumentaron la serie roja tras un período de desentrenamiento de 15 días, aunque no resultó ser un estímulo suficiente para mejorar los niveles de VO₂máx.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.11.014>



Cartas al Editor

La redacción de acrónimos en artículos científicos



The wording of acronyms in scientific papers

Sr. Director:

La redacción de artículos científicos, en el ámbito médico, requiere ser coherente con la ortografía. La escritura estandarizada permite una adecuada comunicación dentro de la comunidad científica. En este sentido la ortografía facilita la comunicación entre los usuarios porque usa un código común para su representación gráfica¹.

Por tanto, se requiere actualizar la escritura del acrónimo *sida*, ya que en uno de los artículos de la revista se ha escrito con letras mayúsculas (*SIDA*²). Su escritura debe realizarse con letras minúsculas por tratarse de un acrónimo que ha pasado a ser un término lexicalizado, es decir, se trata de un sustantivo común³.

Al respecto, la Real Academia Nacional de Medicina ha registrado el término *sida*⁴ con letras minúsculas. Asimismo, la Real Academia Española establece que se llama acrónimo a la sigla que se pronuncia como palabra (en el caso de *sida*) y además, por haberse incorporado al léxico común del idioma, se debe escribir con letras minúsculas⁵.

En resumen, se requiere actualizar la ortografía del acrónimo *sida* con el fin de homogeneizar su escritura entre los científicos del área médica para que exista una comunicación unívoca.

Bibliografía

1. Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española. Ortografía de la lengua española. Madrid: Espasa; 2010. p. 15.
2. Dos Santos IK, de Azevedo KPM, Melo FCM, Maia UMC, de Medeiros HJ, Knackfuss MI. Ejercicios resistidos, parámetros hematológicos, virológicos y perfil antropométrico en personas que viven con VIH/SIDA. Rev Andal Med Deporte. 2016;9:110-3.
3. Fundación del Español Urgente. Sida no es lo mismo que VIH. 2012 [consultado 19 Oct 2016]. Disponible en: <http://www.fundeu.es/recomendacion/sida-no-es-lo-mismo-que-vih-1154/>
4. Real Academia Nacional de Medicina. Diccionario de términos médicos [consultado 19 Oct 2016]. Disponible en: <http://dtme.ranm.es/terminos/sida.html?id=29>
5. Real Academia Española. Diccionario panhispánico de dudas. 2005 [consultado 19 Oct 2016]. Disponible en: <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?id=Tvd5E55ArD6uxbj2i5>

H. González Aguilar

Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú

Correo electrónico: hugo_augencio@hotmail.com

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2017.05.001>

Respuesta a «La redacción de acrónimos en artículos científicos»



Reply to 'The wording of acronyms in scientific papers'

Estimado autor:

El Comité Editorial de la REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE (RAMD) le agradece su encomiable aportación a la comunidad científica con su Carta titulada «La redacción de acrónimos de artículos científicos»¹. Consideramos esencial su publicación, ya que supone una continuación del proceso de revisión del manuscrito al que hace referencia² y da fe del interés del Comité Editorial de elevar la calidad editorial de la RAMD.

Reconocemos que el término «sida» debe escribirse con minúsculas, al tratarse de un acrónimo incorporado al léxico común y reconocido por la Real Academia Española³, y estamos totalmente de acuerdo en que debe actualizarse su escritura en todas las revistas del área médica⁴.

Es un estímulo para nosotros que nuestros lectores nos den su opinión y aporten nuevas ideas, ya que de esta forma nos ayudan a conseguir nuestro objetivo principal, que es la divulgación del conocimiento científico.

Bibliografía

1. González Aguilar H. La redacción de acrónimos en artículos científicos. Rev Andal Med Deporte. 2017;10:206.
2. Santos IK, Azevedo KPM, Melo FCM, Maia UMC, Medeiros HJ, Knackfuss MI. Ejercicios resistidos, parámetros hematológicos, virológicos y perfil antropométrico en personas que viven con VIH/SIDA. Rev Andal Med Deporte. 2016;9:110-3.
3. Diccionario Panhispánico de Dudas. Madrid: Real Academia Española. Acrónimo. 2005 [consultado 24 Abr 2017]. Disponible en: <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?id=Tvd5E55ArD6uxbj2i5>
4. González Aguilar H. La redacción de siglas y acrónimos en artículos científicos. Redvet [Revista en Internet]. 2017;17(11):1-5.

M.E. da Silva Grigoletto, C. López López y J. de D. Beas-Jiménez*

Comité Editorial RAMD

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: editor.ramd.ctd@juntadeandalucia.es
(J.D. Beas-Jiménez).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2017.07.001>

Véase contenido relacionado en DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2017.05.001>.



Cartas al Editor

La redacción de acrónimos en artículos científicos



The wording of acronyms in scientific papers

Sr. Director:

La redacción de artículos científicos, en el ámbito médico, requiere ser coherente con la ortografía. La escritura estandarizada permite una adecuada comunicación dentro de la comunidad científica. En este sentido la ortografía facilita la comunicación entre los usuarios porque usa un código común para su representación gráfica¹.

Por tanto, se requiere actualizar la escritura del acrónimo *sida*, ya que en uno de los artículos de la revista se ha escrito con letras mayúsculas (*SIDA*²). Su escritura debe realizarse con letras minúsculas por tratarse de un acrónimo que ha pasado a ser un término lexicalizado, es decir, se trata de un sustantivo común³.

Al respecto, la Real Academia Nacional de Medicina ha registrado el término *sida*⁴ con letras minúsculas. Asimismo, la Real Academia Española establece que se llama acrónimo a la sigla que se pronuncia como palabra (en el caso de *sida*) y además, por haberse incorporado al léxico común del idioma, se debe escribir con letras minúsculas⁵.

En resumen, se requiere actualizar la ortografía del acrónimo *sida* con el fin de homogeneizar su escritura entre los científicos del área médica para que exista una comunicación unívoca.

Bibliografía

1. Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española. Ortografía de la lengua española. Madrid: Espasa; 2010. p. 15.
2. Dos Santos IK, de Azevedo KPM, Melo FCM, Maia UMC, de Medeiros HJ, Knackfuss MI. Ejercicios resistidos, parámetros hematológicos, virológicos y perfil antropométrico en personas que viven con VIH/SIDA. Rev Andal Med Deporte. 2016;9:110-3.
3. Fundación del Español Urgente. Sida no es lo mismo que VIH. 2012 [consultado 19 Oct 2016]. Disponible en: <http://www.fundeu.es/recomendacion/sida-no-es-lo-mismo-que-vih-1154/>
4. Real Academia Nacional de Medicina. Diccionario de términos médicos [consultado 19 Oct 2016]. Disponible en: <http://dtme.ranm.es/terminos/sida.html?id=29>
5. Real Academia Española. Diccionario panhispánico de dudas. 2005 [consultado 19 Oct 2016]. Disponible en: <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?id=Tvd5E55ArD6uxbj2i5>

H. González Aguilar

Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú

Correo electrónico: hugo_augencio@hotmail.com

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2017.05.001>

Respuesta a «La redacción de acrónimos en artículos científicos»



Reply to 'The wording of acronyms in scientific papers'

Estimado autor:

El Comité Editorial de la REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE (RAMD) le agradece su encomiable aportación a la comunidad científica con su Carta titulada «La redacción de acrónimos de artículos científicos»¹. Consideramos esencial su publicación, ya que supone una continuación del proceso de revisión del manuscrito al que hace referencia² y da fe del interés del Comité Editorial de elevar la calidad editorial de la RAMD.

Reconocemos que el término «sida» debe escribirse con minúsculas, al tratarse de un acrónimo incorporado al léxico común y reconocido por la Real Academia Española³, y estamos totalmente de acuerdo en que debe actualizarse su escritura en todas las revistas del área médica⁴.

Es un estímulo para nosotros que nuestros lectores nos den su opinión y aporten nuevas ideas, ya que de esta forma nos ayudan a conseguir nuestro objetivo principal, que es la divulgación del conocimiento científico.

Bibliografía

1. González Aguilar H. La redacción de acrónimos en artículos científicos. Rev Andal Med Deporte. 2017;10:206.
2. Santos IK, Azevedo KPM, Melo FCM, Maia UMC, Medeiros HJ, Knackfuss MI. Ejercicios resistidos, parámetros hematológicos, virológicos y perfil antropométrico en personas que viven con VIH/SIDA. Rev Andal Med Deporte. 2016;9:110-3.
3. Diccionario Panhispánico de Dudas. Madrid: Real Academia Española. Acrónimo. 2005 [consultado 24 Abr 2017]. Disponible en: <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?id=Tvd5E55ArD6uxbj2i5>
4. González Aguilar H. La redacción de siglas y acrónimos en artículos científicos. Redvet [Revista en Internet]. 2017;17(11):1-5.

M.E. da Silva Grigoletto, C. López López y J. de D. Beas-Jiménez*

Comité Editorial RAMD

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: editor.ramd.ctd@juntadeandalucia.es

(J.D. Beas-Jiménez).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2017.07.001>

Véase contenido relacionado en DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2017.05.001>.

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 pre-esquí, más deporte, más emoción. Mucho más que una Estación, es tu destino preferido.



sierranevada.es

902 70 80 90

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

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.ctd@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.ctd@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.ctd@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.ctd@juntadeandalucia.es

HUELVA

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

SEVILLA

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



www.juntadeandalucia.es/turismoydeporte/opencms/areas/deporte/camd/



JUNTA DE ANDALUCÍA

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
955 540 623

e-mail
camd.sevilla.ctd@juntadeandalucia.es