

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 8 Número. 2

Junio 2015



## Originales

Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study

Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes

Effects of sensory motor training of lower limb in sedentary elderly as part of functional autonomy

Specificity of performance adaptations to a periodized judo training program

Association between body mass index and cardiorespiratory fitness as predictor of health status in schoolchildren

## Revisión

Core *stability*. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones

## Caso clínico

Esguince de tobillo de primer grado como causa de paresia del nervio peroneo común. Caso clínico

## Fe de errores

Fe de errores de « Composición corporal en escolares de primaria y su relación con el hábito nutricional y la práctica reglada de actividad deportiva »

ISSN: 1888-7546

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

# Centro Andaluz de Medicina del Deporte

## ALMERÍA

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

## CÁDIZ

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

## CÓRDOBA

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

## GRANADA

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

## HUELVA

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

## JAÉN

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

## MÁLAGA

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

## SEVILLA

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



**JUNTA DE ANDALUCÍA**

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

[www.junta-andalucia.es/culturaydeporte/web/camd](http://www.junta-andalucia.es/culturaydeporte/web/camd)

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte\*

## Editor

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

## Coeditor

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

## Coordinación Editorial

Covadonga López López

## Comité Editorial

José Ramón Alvero Cruz  
(Universidad de Málaga, España)

Eloy Cárdenas Estrada  
(Universidad de Monterrey, México)

José Alberto Duate  
(Universidade do Porto, Portugal)

Russell Foulk  
(University of Washington, USA)

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

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

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

Nicola A. 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)

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

Luis Carrasco Páez  
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Madalena Costa  
(Harvard Medical School, Boston, USA)

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

Moisés de Hoyo Lora  
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Miguel del Valle Soto  
(Universidad de Oviedo, España)

Benedito Denadai  
(Universidade Estadual de Campinas, Brasil)

Elsa Esteban Fernández  
(Universidad de Granada, España)

Juan Marcelo Fernández  
(Hospital Reina Sofía, España)

Guadalupe Garrido Pastor  
(Universidad Politécnica de Madrid, España)

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

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

Mikel Izquierdo  
(CEIMD, Gobierno de Navarra, España)

José Carlos Jaenes  
(Universidad Pablo Olavide, España)

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

David Jiménez Pavón  
(Universidad de Zaragoza, España)

Carlos Lago Peñas  
(Universidad de Vigo, España)

Fernando Martín  
(Universidad de Valencia, España)

Italo Monetti  
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)

Alexandre Moreira  
(Universidade de São Paulo, Brasil)

Elisa Muñoz Gomariz  
(Hospital Universitario Reina Sofía, España)

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

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

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

Manuel Rosety Plaza  
(Universidad de Cádiz, España)

Carlos Ruiz Cosano  
(Universidad de Granada, España)

Jonatan Ruiz Ruiz  
(Universidad de Granada, España)

Borja Sañudo Corrales  
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Diana Vaamonde Martín  
(Universidad de Córdoba, España)

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

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



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

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

Publicación trimestral (4 números al año).

© 2015 Consejería de Educación, Cultura 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 Educación, Cultura 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://www.elsevier.es/RAMD)

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

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

Correo electrónico:  
ramd.ccd@juntadeandalucia.es

Impreso en España

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

\*Centro Andaluz de Medicina del Deporte



## Dirección

Leocricia Jiménez López

## Coordinación

Salvador Espinosa Soler

## Asesoría de Documentación

Clemente Rodríguez Sorroche

# Sierra Nevada nieve, sol y mucho



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



sierranevada.es

902 70 80 90

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 8 Number 2

June 2015

Contents

## Original Articles

- 49 Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study  
*M. Rossato, E. de Souza Bezerra, D.A. de Ceselles Seixas da Silva, T. Avila Santana, W. Rafael Malezam and F.P. Carpes*
- 54 Effect of systematic rhythmic gymnastics training on postural control of young girls  
*D. Guimaraes-Ribeiro, M. Hernández-Suárez, D. Rodríguez-Ruiz and J.M. García-Manso*
- 61 Effects of sensory motor training of lower limb in sedentary elderly as part of functional autonomy  
*A.A. Barbosa Rezende, E. Fernandes de Miranda, H. Souza Ramalho, J.D. Borges Da Silva, S.D. Silva Carlotto Herrera, G. Rossone Reis and E.H. Martin Dantas*
- 67 Specificity of performance adaptations to a periodized judo training program  
*E. Franchini, F.B. Del Vecchio, U. Ferreira Julio, L. Matheus and R. Candau*
- 73 Association between body mass index and cardiorespiratory fitness as predictor of health status in schoolchildren  
*S.S. De Araujo, R. Miguel-dos-Santos, R.J.S. Silva and A.C. Cabral-de-Oliveira*

## Review Article

- 79 «Core stability». Concept and contributions to training and injury prevention  
*F.J. Vera-García, D. Barbado, V. Moreno-Pérez, S. Hernández-Sánchez, C. Juan-Recio and J.L.L. Elvira*

## Clinical Case

- 86 Grade I inversion ankle sprain causing paresia of the common peroneal nerve. Case report  
*Í. Úbeda-Pérez de Heredia and G.Á. Sobrá-Hidalgo*

## Erratum

- 92 Erratum to “Body composition in elementary school and its relationship with nutritional habits and formal practice sports activity”  
*F.J. Alonso, M.D. Carranza, J.D. Rueda and J. Naranjo*

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 8 Número 2  
Junio 2015

Sumario

## Originales

- 49 Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study  
*M. Rossato, E. de Souza Bezerra, D.A. de Ceselles Seixas da Silva, T. Avila Santana, W. Rafael Malezam y F.P. Carpes*
- 54 Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes  
*D. Guimaraes-Ribeiro, M. Hernández-Suárez, D. Rodríguez-Ruiz y J.M. García-Manso*
- 61 Effects of sensory motor training of lower limb in sedentary elderly as part of functional autonomy  
*A.A. Barbosa Rezende, E. Fernandes de Miranda, H. Souza Ramalho, J.D. Borges Da Silva, S.D. Silva Carlotto Herrera, G. Rossone Reis y E.H. Martin Dantas*
- 67 Specificity of performance adaptations to a periodized judo training program  
*E. Franchini, F.B. Del Vecchio, U. Ferreira Julio, L. Matheus y R. Candau*
- 73 Association between body mass index and cardiorespiratory fitness as predictor of health status in schoolchildren  
*S.S. De Araujo, R. Miguel-dos-Santos, R.J.S. Silva y A.C. Cabral-de-Oliveira*

## Revisión

- 79 *Core stability*. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones  
*F.J. Vera-García, D. Barbado, V. Moreno-Pérez, S. Hernández-Sánchez, C. Juan-Recio y J.L.L. Elvira*

## Caso clínico

- 86 Esguince de tobillo de primer grado como causa de paresia del nervio peroneo común. Caso clínico  
*Í. Úbeda-Pérez de Heredia y G.Á. Sobrá-Hidalgo*

## Fe de errores

- 92 Fe de errores de «Composición corporal en escolares de primaria y su relación con el hábito nutricional y la práctica reglada de actividad deportiva»  
*F.J. Alonso, M.D. Carranza, J.D. Rueda y J. Naranjo*



ELSEVIER

 Revista Andaluza de  
**Medicina del Deporte**

www.elsevier.es/ramd



Original article

**Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study**

 M. Rossato<sup>a,\*</sup>, E. de Souza Bezerra<sup>a</sup>, D.A. de Ceselles Seixas da Silva<sup>a</sup>, T. Avila Santana<sup>b</sup>,  
 W. Rafael Malezam<sup>c</sup>, F.P. Carpes<sup>d</sup>
<sup>a</sup> Federal University of Amazonas, Manaus, Brazil<sup>b</sup> University Center North, Manaus, Brazil<sup>c</sup> Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil<sup>d</sup> Laboratory of Neuromechanics, Federal University of Pampa, Uruguaiana, Brazil

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 8 November 2013

Accepted 29 July 2014

## Keywords:

Inflammation

Post-exercise recovery

Fatigue

Muscle damage

## ABSTRACT

**Objective:** To investigate the effects of cryotherapy on markers of muscle damage, as well as the perception of muscle soreness caused by eccentric exercise after downhill running.

**Methods:** Ten participants (age = 26 ± 5 year, height = 173 ± 8 cm and body mass = 70 ± 4 kg) performed two running trials on a treadmill tilted -6.6%, separated by one-week period. Cryotherapy (~15 °C for 30 minutes) was conducted after one of the trials of exercise. Blood samples were analyzed for markers of muscle damage (creatin kinase - CK; lactate dehydrogenase - LDH; calcium - [Ca<sup>2+</sup>]). Perception of muscle soreness was quantified using an analogical scale of pain. Data were collected before, 24 and 48 h after the trials with and without the use of cryotherapy.

**Results:** Cryotherapy significantly reduced muscle soreness and was able to reestablish homeostasis in CK, LDH and [Ca<sup>2+</sup>].

**Conclusion:** Use of cryotherapy after exercise with eccentric contractions was effective to reestablish the level of biochemical markers of muscle damage and reduce muscle soreness and pain perception in subjects submitted to downhill running.

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

**Efectos de la crioterapia en los marcadores de daño muscular y en la percepción de mialgia de aparición tardía tras carrera en bajada**

## RESUMEN

**Objetivo:** Investigar los efectos de la crioterapia en los marcadores de daño muscular, así como la percepción de mialgia causada por ejercicio excéntrico tras carrera en bajada.

**Método:** Diez participantes (edad = 26,0 ± 5,0 años, altura = 173,0 ± 8,0 cm y masa corporal = 70,5 ± 4,0 kg) realizaron dos ensayos de carrera en tapiz rodante con una inclinación de -6.6%, separados por un periodo de una semana. Se llevó a cabo una sesión de crioterapia (~15 °C) tras cada uno de los ensayos. Se analizaron muestras de sangre para determinar los marcadores de daño muscular (creatin kinasa-CK; deshidrogenasa láctica-DHL; calcio - [Ca<sup>2+</sup>]). La percepción de dolor muscular fue cuantificada usando una escala analógica de dolor. Los datos se tomaron antes, 24 h y 48 h después de los ensayos con y sin el uso de crioterapia.

**Resultados:** La crioterapia disminuyó significativamente el dolor muscular y fue capaz de reestablecer la homeostasis en CK, DHL y [Ca<sup>2+</sup>].

## Palabras clave:

Inflamación

Recuperación post-ejercicio

Fatiga

Daño muscular

\* Corresponding author.

E-mail address: rossato.mateus@gmail.com (M. Rossato).

**Conclusión:** El uso de crioterapia tras ejercicio con contracciones excéntricas fue efectivo para reestablecer el nivel de los marcadores bioquímicos de daño muscular y reducir la mialgia y la percepción de dolor en sujetos sometidos a carrera en bajada.

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

## Efeito da imersão em água gelada no dano muscular e dor tardia após a corrida de downhill: um estudo piloto

### R E S U M O

#### Palavras-chave:

Inflamação

Recuperação pós-exercício

Fadiga

Dano muscular

**Introdução:** O dano muscular é frequentemente observado em indivíduos envolvidos em atividades físicas que envolvam contrações excêntricas. Nestas situações, a crioterapia é utilizada para reduzir o dano muscular e a sensação de dor. No entanto, poucos estudos investigaram o efeito da imersão em água gelada em marcadores de dano muscular, bem como a percepção de dor após exercício excêntrico.

**Método:** Dez homens (26,0 ± 5,0 anos de idade, 173,0 ± 8,0 cm de estatura, 70,5 ± 4,0 kg de massa corporal). Os voluntários completaram duas corridas (teste e controle) separadas por sete dias, em um percurso declinado (-6,6%) em esteira. Em uma das tentativas realizou-se imersão em água gelada (~15°C, 30 minutos). O dano muscular foi estimado mediante os níveis sanguíneos de (creatina quinase-CK; lactato desidrogenase-LDH e cálcio-[Ca<sup>2+</sup>]). A percepção de dor muscular foi estimada usando uma escala analógica. Todas as medidas foram realizadas antes, 24 e 48 horas pós-exercício.

**Resultados:** A imersão em água gelada diminuiu significativamente a dor muscular e auxiliou no reestabelecimento da homeostase da CH, LDH e Ca<sup>2+</sup>.

**Conclusão:** A imersão em água gelada após exercício excêntrico foi efetiva em reestabelecer os níveis bioquímicos de marcadores musculares e diminuiu a percepção de dor.

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

### Introduction

The physiological mechanism of the delayed onset muscle soreness (DOMS) after exercise is not well elucidated.<sup>1</sup> The DOMS is more frequent and of greater magnitude after exercises with a predominance of eccentric contractions.<sup>1</sup> Among the reasons for this association between DOMS and eccentric exercise is the fact that eccentric actions promote greater tension to the contractile apparatus with greater accumulation of metabolites and structural damage in tissues.<sup>1-3</sup> The structural damage to the sarcolemma and Z lines of sarcomeres are often measured by markers such as creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH).<sup>4</sup>

DOMS is largely observed among sportsmen, and it may have deleterious effects on human performance.<sup>5</sup> The performance degradation associated with DOMS results of mechanisms such as the loss of homeostasis of calcium (Ca<sup>2+</sup>)<sup>6</sup> and local elevation of inflammatory substances like histamine, kinins and prostaglandins.<sup>7</sup> These inflammatory substances stimulate pain receptors types III and IV.<sup>5,7,8</sup> Thus, the effect of DOMS on performance rely on an increased sensitivity to touch changing characteristics of skin sensitivity, increased muscle stiffness and reduced range of motion.<sup>3,9</sup>

Several strategies have been used in order to speed up recovery after exercise reducing the period and magnitude of DOMS; some examples are laser therapy,<sup>10</sup> massage,<sup>11</sup> contrast (heat and cold immersion) and immersion cryotherapy;<sup>12</sup> this last one is the most popular due to the low cost and easy use by sportsmen. The vasoconstriction of blood vessels, capillaries, and lymphatics supported by cryotherapy<sup>13</sup> reduces the spread of fluid in the interstitial spaces, thereby minimizing inflammation, pain, edema, and muscular spasms.<sup>14-16</sup>

Although cryotherapy is applied to reduce the DOMS, changes in inflammatory markers show divergent outcomes.<sup>12,17</sup> Ingram

et al.,<sup>12</sup> Bailey et al.,<sup>17</sup> Eston and Peters<sup>15</sup> reported no change in the concentration of CK after cryotherapy, while Rise et al. observed reduction in the concentration of CK, myoglobin and C-reactive protein after immersion in cold water. Part of the incongruence concerning these studies results from the variety of methods used, such as different water temperatures, immersion time, intensity and type of exercise performed.<sup>19</sup>

The influence of cryotherapy on DOMS is evaluated in real sports context,<sup>18</sup> simulations,<sup>12,17,20,21</sup> isokinetic dynamometry evaluations,<sup>15</sup> after a series of maximum eccentric contractions,<sup>11,19,22</sup> vertical jumps from a higher level<sup>24</sup> and plyometrics.<sup>25</sup>

Regarding the use of running protocols, Hausswirth et al.<sup>20</sup> compared the effects of the application of whole-body cryotherapy, infrared and passive recovery in a well-trained runners group on different grounds (flat, uphill and downhill). These authors concluded that whole-body cryotherapy promotes faster recovery in comparison to other methods. However, it is known that trained people in modalities that require predominant eccentric contractions are more resistant to the damage caused by these types of contractions,<sup>26</sup> which leads us to question if the application of post-eccentric exercise cryotherapy could significantly affect damage markers and pain perception in physically active people. Nevertheless, few studies<sup>27</sup> have sought a significant evaluation related to the effects of application of cryotherapy on markers of muscle damage and muscle soreness after downhill running in people considered to be physically active. As a result of the increasing number of street racing fans and the diversity of ground characteristics, studies with this perspective are necessary since the runners are exposed to situations of greater demand for eccentric contractions. Thus, the objective of this study was to investigate the effects of application of cryotherapy on markers of muscle damage, as well as the perception of muscle soreness caused predominantly by eccentric exercise after downhill running.



## Method

### Subjects

This study included 10 male volunteer subjects, healthy and sedentary ( $26 \pm 5$  years of age,  $173 \pm 8$  cm height and  $70 \pm 4$  kg body weight). This set of subjects is similar to the ones that underwent cryotherapy in other studies (Eston and Peters<sup>15</sup>  $n=8$ , Ascensão et al.<sup>18</sup>  $n=10$ , and Santos et al.<sup>28</sup>  $n=9$ ). Subjects who have participated on this study were informed about the goals and methods of the study and subsequently signed a consent form in accordance with the local ethics committee. Subjects who reported musculoskeletal problems were excluded.

### Procedures

The subjects underwent two bouts of exercise with a predominance of eccentric action (PEA) with one week interval between bouts. In the end of one session, randomly, a treatment with cryotherapy was applied. The perception of pain and markers of muscle damage were measured immediately before, 24 and 48 h after the PEA. The subjects were instructed to avoid intense exercise and maintain normal diet during the previous days to the testing. All tests were performed in the afternoon, with a room temperature of  $24^\circ\text{C}$ .

The PEA was performed on a treadmill, with a negative slope of 6.6%, similar to the one used by Malm et al.<sup>29</sup> The protocol started with a five-minute warm up walk (with no slope) at 5 km/h. After warming up, the treadmill was declined and subjects ran for 25 min at 8 km/h. After the PEA, the subjects walked for five min at 5 km/h with no slope in order to calm down.

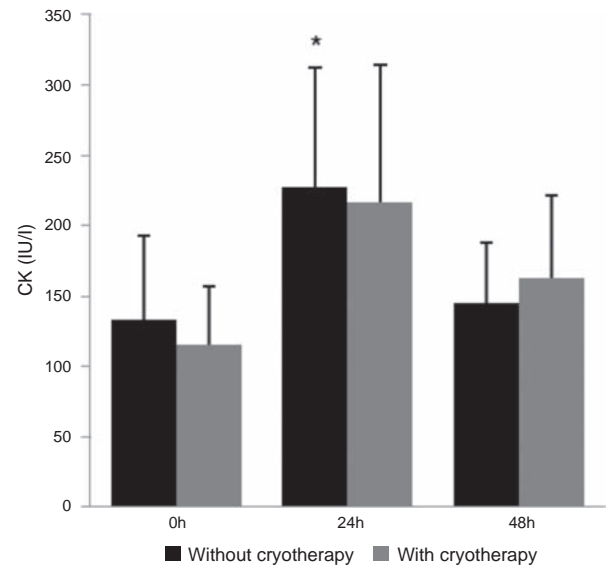
The application of cryotherapy was immediately performed after the end of one of the two sessions of PEA. Cryotherapy was applied through the immersion of the lower limbs into cold water ( $15 \pm 1^\circ\text{C}$ )<sup>25</sup> for 30 min. During this period, the subjects remained standing and had both legs submerged up to the iliac crest height. A thermometer was used to check the temperature, which was regulated by the addition of ice throughout the session.

The perception of DOMS was assessed by a visual analog scale of pain from 0 to 10 points,<sup>18</sup> in which zero indicates no pain and ten indicates severe pain. Initially the subjects indicated the general feeling of pain, and then reported the perception by muscle groups of the lower limbs, which are ankle dorsal and plantar flexors and knee flexors and extensors.

Samples of 10 ml of venous blood were collected, centrifuged and analyzed by spectrophotometry before exercise, 24 and 48 h after the application of cryotherapy. Blood tests allowed the analysis of the enzymes lactate dehydrogenase (LDH) and creatine kinase (CK) using commercial kits (Labtest Diagnóstica, Lagoa Santa, MG, Brazil). These enzymes are among those indicated for monitoring muscle injuries.<sup>4</sup>

### Analysis of data

The data were tested using Shapiro–Wilk for normality, followed by Mauchly's test of sphericity. In order to check the effect of



**Fig. 1.** Concentration of the creatine kinase (CK) in the pre-PEA (preconditions to the exercise with predominance of eccentric action, 0 h), 24 h and 48 h after PEA conditions. \* Indicates significant differences ( $p < 0.05$ ) for pre-PEA (0 h) and 48 h.

cryotherapy and time after treatment, as well as their interactions, a linear mixed model of 2 factors (with and without cryotherapy; 0 h, 24 h or 48 h) was used with Bonferroni adjustment for multiple comparisons. When there was cryotherapy effect, the comparisons were made employing Student's *t* test for paired samples; when there was effect on the different durations of the treatment, comparisons were made using the analysis of variance for repeated measurements – ANOVA. The significance level of 0.05 was used for all analysis using a commercial statistical package (SPSS version 13.0).

## Results

The subjects reported no DOMS before starting the PEA protocols. The culmination of the induction protocol to DOMS without the subsequent application of cryotherapy caused DOMS in 70% of the subjects. The application of cryotherapy significantly reduced ( $p < 0.05$ ) values of DOMS compared to the situation without cryotherapy; no differences were observed concerning the previous situation (Table 1). In the situation without cryotherapy, DOMS increased significantly after 24 and 48 h compared to the previous situation; the highest values occurred 24 h after the PEA.

Reports of DOMS in different muscle groups showed a prevalence of the knee extensors of 71.4% opposite to the 57.1% of the knee flexors; and a predominance of the ankle dorsal flexors of 57.1%, opposite to the 28.5% of the ankle plantar flexors. The general DOMS reports indicated only the knee extensor muscles.

Regarding markers of muscle damage, the plasma concentration of CK in both situations was higher after 24 h, but it was only a significant change in the situation without cryotherapy (Fig. 1). Plasma concentrations of LDH during the recovery period, regardless of the treatment, did not change significantly (Fig. 2). The concentrations

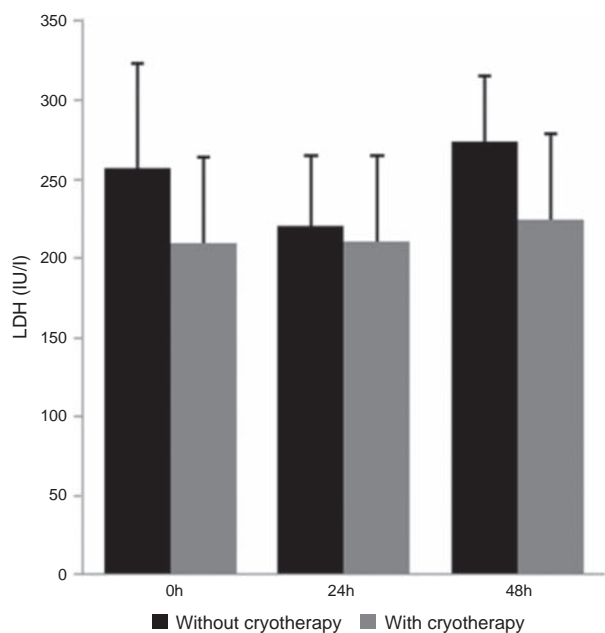
**Table 1**

Scores for pain scale, expressed as mean  $\pm$  standard deviation for the group of subjects in the conditions with and without the application of cryotherapy.

	Without cryotherapy			With cryotherapy		
	Pre	24 h	48 h	Pre	24 h	48 h
Pain scale	0	$6.2 \pm 2.4^{* \#}$	$5.3 \pm 2.6^{* \#}$	0	2	0

\* Statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) compared to the group with cryotherapy.

# Statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) compared to Pre.

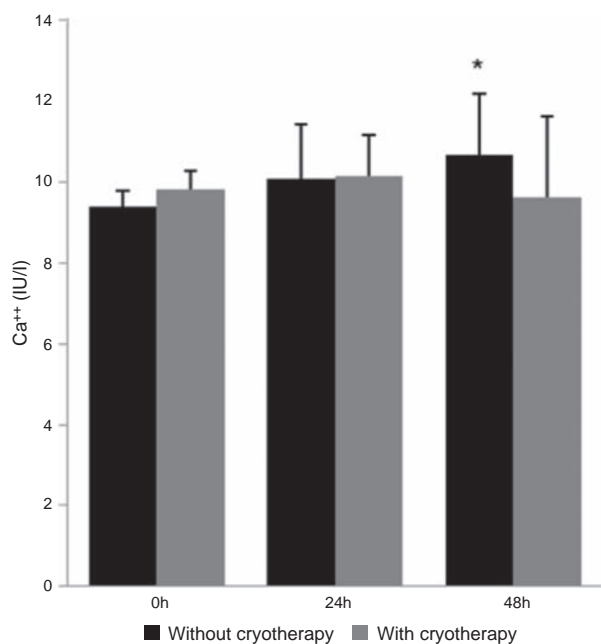


**Fig. 2.** Concentration of the lactate dehydrogenase (LDH) in the pre-PEA (preconditions to the exercise with predominance of eccentric action, 0 h), 24 and 48 h after exercise. There were no statistically significant differences.

of blood calcium [ $\text{Ca}^{2+}$ ] were significantly higher in the situation without cryotherapy when compared 0 h and 48 h (Fig. 3).

## Discussion

This study has investigated the effects of cryotherapy on markers of damage and muscle soreness caused by exercise predominantly eccentric in downhill running. The results showed that the treatment with ice immediately after the PEA is able to reduce and minimize DOMS effects caused by muscle damage and that



**Fig. 3.** Concentration of calcium [ $\text{Ca}^{2+}$ ] in the pre-PEA (preconditions to the exercise with predominance of eccentric action, 0 h), 24 h and 48 h after exercise. \* Indicates significant differences ( $p < 0.05$ ) compared to pre-PEA (0 h).

some mechanisms associated with inflammation appear to be the major determinants of DOMS in sedentary subjects.

The inflammatory process caused by damage to the muscle tissue increases the concentration of pro-inflammatory chemical mediators that stimulate pain receptors.<sup>5,7</sup> Although the mechanisms are not yet fully elucidated, it is widely accepted that cryotherapy has an analgesic effect. The ice seems to decrease the ability of sensory transmission and thus reduces acetylcholine release influencing the pain threshold.<sup>19</sup> Yet, according to these authors, another possible benefit of cryotherapy would be the change in hydrostatic pressure on the body, which could be associated with a reduction in edema and pain in the muscle.

When cryotherapy is used, the values found after 24 and 48 h PEA did not differ from the preconditions. This demonstrates that the application of cryotherapy maintains homeostasis in CK levels after PEA. It is speculated that cryotherapy may reduce membrane permeability and thus reduce the flow of CK into the interstitium.<sup>15</sup>

However, the results found in the literature are not conclusive regarding the effects of cryotherapy on CK. The differences among the studies that concern the effectiveness of cryotherapy on DOMS depend on the type of exercise and immersion time. Ascensão et al.<sup>18</sup> observed that, after a soccer match, players treated with cryotherapy ( $10^\circ\text{C}$ ) for 10 min decreased the concentrations of CK after 24 and 48 h compared to the control situation ( $35^\circ\text{C}$ ). Ingram et al.<sup>12</sup> using the same temperature but with  $2 \times 5$  min immersions separated by 2.5 min, reported no significant differences in the concentrations of CK in a group of 11 athletes. Goodall and Howatson<sup>24</sup> induce DOMS through jumps on downhill and used cryotherapy ( $10^\circ\text{C}$ ) right after the exercise, 24 and 48 h later. The results indicated higher concentration of CK after intervention with cryotherapy. According to some researchers, CK shows great variability among individuals, entailing considerable heterogeneity between subjects.<sup>30,31</sup>

After PEA downhill running, LDH showed no significant changes caused by cryotherapy. Although LDH is used to assess muscle damage,<sup>4</sup> few studies have evaluated the effects of cryotherapy on its behavior. The effects of acute intervention (first hour) and subacute (24–168 h) use of cryotherapy were analyzed and reported that LDH was not affected significantly by the application of cryotherapy, and that major changes were noticeable only 96 h after the harmful stimulus.<sup>22</sup> Vaile et al.<sup>23</sup> who analyzed different hydrotherapy strategies for the recovery of muscle injuries, also reported no differences in the concentrations of LDH, even after 72 h. In the present study the concentrations of LDH were checked 48 h after the PEA, so we would expect that significant increases were not noticeable and/or cryotherapy does not cause many effects on this marker. This suggests that some blood markers can be used for evaluations of cryotherapy in acute post-exercise recovery, while others seem to be more sensitive to medium and long term changes.

Cryotherapy was effective in reducing the levels of calcium ion 48 h after the PEA. This can be explained by the function of cryotherapy in reducing the plasma membrane permeability.<sup>15</sup> The damage caused by PEA results in an increasing intracellular calcium concentration. It would be associated with the stimulation of the autogenic phase, increasing the action of proteases and phospholipases, with subsequent myofibrillar degradation – especially desmine and cell, thus triggering an inflammatory process.<sup>5</sup> This increased pressure also causes tissue edema, which activate pain receptors thereby increasing the feeling of discomfort associated with DOMS.<sup>19</sup> The ratio of intra- and extracellular calcium with the mechanism of skeletal muscle apoptosis can lead to reduction in muscle power, and the more releasing of inflammatory markers and DOMS, the more muscle undergoes apoptosis – thus reducing the number of myocytes chronically.<sup>32</sup>

Our main conclusion is that cryotherapy after exercise is a pertinent strategy to reduce DOMS and also markers of muscle damage for street racers who perform their training on slopes. Among the limitations of this study we can mention the small number of subjects, and the fact that improvements in the perception of pain reported by the subjects after treatment cannot be compared to a placebo situation.

Our results suggest that the use of cryotherapy by immersion for 30 min at 15 °C immediately after the practice of PEA reduces the DOMS of the lower limbs, while maintaining the homeostasis of some markers of muscle damage, such as CK and serum calcium.

### Conflict of interests

The authors agree that there is no conflict of interests about this study.

### References

- Pull MR, Ranson C. Eccentric muscle actions: implications for injury prevention and rehabilitation. *Phys Ther Sport*. 2007;8:88–97.
- Clarkson PM, Sayers SP. Etiology of exercise-induced muscle damage. *Can J Appl Physiol*. 2009;24(3):234–48.
- Tricoli W. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. *Rev Bras Ciên Mov*. 2001;9(2):39–44.
- Branaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med*. 2008;27:1–18.
- Armstrong RB, Warren GL, Warren JA. Mechanisms of exercise-induced muscle fiber injury. *Sports Med*. 1991;12:184–207.
- Tee JC, Bosch AN, Lambert MI. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. *Sports Med*. 2007;37(10):827–36.
- Smith LL. Acute inflammation: the underlying mechanisms in delayed onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23:542–51.
- Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports*. 2002;12(6):337–46.
- Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol*. 2001;537:333–45.
- Baroni BM, Junior ECPL, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110:789–96.
- Hilbert JE, Sforzo GA, Swensen T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *Br J Sports Med*. 2003;37:72–5.
- Ingram J, Dawson B, Goodman C, Wallman K, Beilby J. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *J Sci Med Sport*. 2009;12:417–21.
- Peiffer JJ, Abiss CR, Nosaka K, Peake JM, Laursen PB. Effect of cold water immersion after exercise in heat on muscle function, body temperatures and vessel diameter. *J Sci Med Sport*. 2009;12:91–6.
- Eston RG, Mickleborough J, Baltzopoulos V. Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. *Br J Sports Med*. 1995;29(2):89–94.
- Eston R, Peters D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *J Sports Sci*. 1999;17(3):231–8.
- Sellwood KL, Brukner P, Williams D, Nicol A, Hinman R. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 2007;41(6):392–7.
- Bailey DM, Erith SJ, Griffin PJ, Dowson A, Brewer DS, Gant N, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *J Sports Sci*. 2007;25:1163–70.
- Ascensão A, Leite M, Rebelo AN, Magalhães S, Magalhães J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci*. 2011;29:217–25.
- Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? *Sports Med*. 2006;36(9):747–65.
- Hauswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pournot H, Fournier J, Filliard JR, et al. Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. *PLoS ONE*. 2011;6(12):e27749.
- Pournot H, Bieuzen F, Louis J, Mounier R, Fillard J-R, Barbiche E, et al. Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *PLoS ONE*. 2011;6(7):e22748.
- Yanagisawa O, Niitsu M, Yoshioka H, Goto K, Kudo H, Itai Y. The use of magnetic resonance imaging to evaluate the effects of cooling on skeletal muscle after strenuous exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89:53–62.
- Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Eur J Appl Physiol*. 2008;102:447–55.
- Goodall S, Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *J Sports Sci Med*. 2008;7:235–41.
- Howatson G, Good S, Van Someren KA. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2009;105:615–21.
- Lieber RL, Sameer S, Fridén J. Cytoskeletal disruption after eccentric contraction-induced muscle injury. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;403 Suppl.:90–9.
- Crystal NJ, Townson DH, Cook SB, LaRoche DP. Effect of cryotherapy on muscle recovery and inflammation following a bout of damaging exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(10):2577–86.
- Santos WOC, Brito CJ, Júnior EAP, Valido CN, Mendes EL, Nunes MAP, et al. Cryotherapy posttraining reduces muscle damage markers in jiu-jitsu fighters. *J Hum Sport Exerc*. 2012;7:629–38.
- Malm C, Sjodin TL, Sjöberg B, Lenkei R, Renström P, Lundberg IE, et al. Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *J Physiol*. 2004;556:983–1000.
- Levada-Pires AC, Fonseca CER, Hatanaka E, Loureiro TA, D'Angelo A, Velhote FB, et al. The effect of an adventure race on lymphocyte and neutrophil death. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109:447–53.
- Nosaka K, Clarkson PM. Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *Int J Sports Med*. 1996;17(2):120–7.
- Marzetti E, Lees HA, Manini TM, Buford TW, Aranda JM, Calvani R, et al. Skeletal muscle apoptotic signaling predicts thigh muscle volume and gait speed in community-dwelling older persons: an exploratory study. *PLoS ONE*. 2012;7(2):e32829.



ELSEVIER

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

www.elsevier.es/ramd



Original

## Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes



D. Guimaraes-Ribeiro, M. Hernández-Suárez, D. Rodríguez-Ruiz\* y J.M. García-Manso

Laboratorio de Análisis y Planificación del Entrenamiento Deportivo, Departamento de Educación Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historia del artículo:

Recibido el 27 de septiembre de 2013

Aceptado el 5 de noviembre de 2014

#### Palabras clave:

Equilibrio postural

Niños

Entrenamiento

### R E S U M E N

**Objetivo:** El presente estudio tuvo como objetivo el verificar si el control postural, en condiciones estáticas, es un factor discriminante entre niñas practicantes de gimnasia rítmica (GR) de alto nivel y sus homólogas normalmente activas.

**Método:** Dieciséis atletas practicantes de GR que competían a nivel nacional español (GR:  $9,7 \pm 1,4$  años;  $32,3 \pm 3,6$  kg,  $143,1 \pm 7,4$  cm) y 16 niñas no deportistas (GC) (GC:  $9,8 \pm 0,9$  años;  $36,2 \pm 5,4$  kg;  $139,2 \pm 6,9$  cm) participaron en la investigación. Todos los sujetos realizaron 2 pruebas: una con ojos abiertos (OA) y la otra con ojos cerrados (OC), que consistían en mantenerse inmóvil durante 30 segundos sobre una plataforma de fuerza. Basándose en el desplazamiento del centro de presiones (CP) las variables calculadas fueron: Área de la Elipse del 95% ( $A_{95}$ ), Velocidad Media Total ( $VM_T$ ), Velocidad Antero-Posterior ( $VM_{A/P}$ ) y la Velocidad Medio-Lateral ( $VM_{M/L}$ ). Se realizó un análisis de frecuencia (transforma rápida de Fourier) del desplazamiento del CP.

**Resultados:** Se observaron diferencias significativas cuando se comparan los grupos para  $VM_{M/L}$  y  $VM_T$ , pero no para  $A_{95}$ , en OA y OC. Curiosamente, el grupo de GR mostró mayores valores de  $VM_{M/L}$  que el grupo de GC en ambas condiciones. La ausencia de la visión, afectó menos al grupo de GR. La transformada de Fourier reveló que el grupo de GR obtuvo valores más elevados de densidad espectral en el plano M/L.

**Conclusión:** Los resultados sugieren que el control postural, en condiciones estáticas, es un factor discriminante entre niñas practicantes de GR y sus homólogas no deportistas. Sin embargo, metodologías tradicionales para el análisis del CP no son lo suficiente sensibles para el total entendimiento de la dinámica del CP.

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

## Effect of systematic rhythmic gymnastics training on postural control of young girls

### A B S T R A C T

**Objective:** The aim of this study was to evaluate if the postural control in static conditions, is a discriminating factor between gymnastics rhythmic girls and their normally active counterparts.

**Methods:** Sixteen rhythmic gymnastics girls of national level (RG) (RG:  $9.7 \pm 1.4$  years;  $32.3 \pm 3.6$  kg,  $143.1 \pm 7.4$  cm) and sixteen school girls (SG) (SG:  $9.8 \pm 0.9$  years;  $36.2 \pm 5.4$  kg;  $139.2 \pm 6.9$  cm) participated in the investigation. All subjects performed two postural control tests: Bipedal Eyes Open (EO) and Eyes Closed (EC), while standing on a platform force, as immobile as possible for 30 seconds. Based on the center of pressure displacement, variables analyzed were: Ellipse Area of 95 ( $A_{95}$ ), Mean Velocity ( $MV_T$ ), Mean Velocity in the anterior-posterior plane ( $MV_{A/P}$ ) and Mean Velocity in the medium-lateral plane ( $MV_{M/L}$ ). A frequency domain analysis of the center of pressure (Fast Fourier Transform) was performed.

**Results:** Significant differences were observed when comparing groups for  $MV_{M/L}$  and  $MV_T$ , but not for  $A_{95}$ , in EO and EC. Interestingly, RG showed greater values of  $MV_{M/L}$  than SG in all conditions. In absence of vision, both groups were affected, but there was a trend to be weaker this effect in RG. The Fourier Transform showed that gymnastics had higher values of energy of the spectrum in the M/L plane.

#### Keywords:

Postural balance

Children

Training

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: drodriguez@def.ulpgc.es (D. Rodríguez-Ruiz).

**Conclusions:** The results suggest that postural control in static conditions is a discriminating factor between gymnastics rhythmic girls and their normally active counterparts. However, traditional methods for the analysis of the CP seem to be not reliable to understand the dynamics of the CP.

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

## Efeitos da ginástica rítmica sobre o controle postural de meninas

### R E S U M O

*Palavras-chave:*  
Equilíbrio postural  
Meninas  
Treino

**Objetivo:** O presente estudo teve como objetivo verificar se o controle postural, em condições estáticas, é um fator discriminante entre meninas praticantes de ginástica rítmica (GR) de alto nível e seus pares normalmente ativas.

**Métodos:** Dezesesseis atletas praticantes de GR que competiam a nível nacional espanhol (GR: 9,7 ± 1,4 anos; 32,3 ± 3,6 kg, 143,1 ± 7,4 cm) e 16 meninas não atletas (GC) (GC: 9,8 ± 0,9 anos; 36,2 ± 5,4 kg; 139,2 ± 6,9 cm) participaram deste estudo. Todas as voluntárias realizaram 2 provas, uma com olhos abertos (OA) e a outra com olhos fechados (OF), que consistiam em manter-se imóveis durante 30 segundos sobre uma plataforma de força. Baseado no deslocamento do centro de pressão, as variáveis calculadas foram: Área da Elipse de 95% ( $A_{95}$ ), Velocidade Média Total ( $VM_T$ ), Velocidade Antero-Posterior ( $VM_{A/P}$ ), Velocidade Médio-Lateral ( $VM_{M/L}$ ) e análise de frequência (transformada rápida de Fourier).

**Resultados:** Foi observada diferença significativa quando compararam os grupos para  $VM_{M/L}$  e  $VM_T$ , mas não houve diferença para  $A_{95}$  com OA e OF. Curiosamente, GR demonstrou maiores valores de  $VM_{M/L}$  que GC em ambas as condições. A ausência da visão afetou menos o grupo GR. A transformada de Fourier revelou que o grupo GR obteve maiores valores de densidade espectral no plano M/L.

**Conclusões:** Os resultados sugerem que o controle postural, em condições estáticas, é um fator discriminante entre meninas praticantes de GR e o grupo controle não atleta. Contudo, metodologias tradicionais para a análise de CP não são sensíveis para total entendimento da dinâmica do CP.

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

## Introducción

El control de la postura ortostática (postura estática, bípeda) es la base para la ejecución de infinidad de tareas motoras utilizadas en la vida diaria o durante la práctica deportiva. Este mecanismo representa la habilidad del sujeto para mantener la posición del cuerpo, y específicamente su centro de masas (CM), dentro de límites de seguridad respecto a lo que representa la posición erecta del cuerpo<sup>1</sup>. Aparentemente simple, el mantenimiento de la postura erecta estable representa una tarea compleja para el humano.

Una postura equilibrada exige en todo momento un adecuado reajuste del tono muscular. Por lo tanto, el equilibrio se apoya sobre la capacidad condicional de la fuerza, responsable de las modificaciones del estado de reposo o movimiento (equilibrio estático o equilibrio dinámico) en el que se encuentre un cuerpo en un momento determinado<sup>2</sup>.

Sin embargo, desde un punto de vista mecánico es un hecho que el cuerpo nunca está en una condición de equilibrio absoluto. La aplicación permanente de fuerzas externas (i. e. fuerza de la gravedad) e internas (i. e. respiración, ritmo cardíaco, etc. . .) convierte a la postura estática en una posición esencialmente inestable. De acuerdo a este criterio, lo que realmente ocurre es que el cuerpo está constantemente en busca de un estado de máximo equilibrio, objetivo que consigue de manera dinámica oscilando alrededor de puntos de equilibrio instantáneos de los que depende la postura global del cuerpo<sup>3</sup>.

La variación continuada del CM obliga a una labor constante de ajuste postural y reequilibración. Este proceso, tanto en reposo como en movimiento, se efectúa prioritariamente de forma automática gracias a mecanismos de feedback neuromusculares, que a través de diversos mecanismos sensoriales (propioceptivos, exteroceptivos plantares, vestibulares y visuales), informan sobre la situación exacta del CM en un instante concreto, desencadenando la actividad muscular necesaria para situarlo de forma que su proyección se mantenga dentro de la base de apoyo<sup>4</sup>. En consecuencia,

durante el equilibrio estático, el control postural se organiza en respuesta a múltiples mecanismos reflejos, frecuentemente inconscientes, que afectan a estructuras y mecanismos de regulación situados en la cabeza<sup>5</sup> y en diferentes segmentos del raquis, afectando al control y regulación de los músculos, ligamentos y articulaciones de las extremidades (especialmente las extremidades inferiores) y de estas en relación con el tronco<sup>6</sup>.

La recepción e interpretación de la información relevante que el sujeto recibe de los distintos segmentos corporales y del medio externo (estrategias de estabilización de reacción) y, en ocasiones, de los mecanismos de ajuste muscular anticipado (estrategias de estabilización anticipatorias), constituyen el elemento primario sobre el que se desarrolla el sistema de control motor para la correcta equilibración del cuerpo<sup>7</sup>. En este complejo proceso intervienen múltiples estructuras del sistema nervioso central (SNC), cada una con funciones específicas y secuencializadas, situadas en el tronco cerebral, el cerebelo, los ganglios basales y el lóbulo parietal derecho<sup>8</sup>.

La permanente oscilación descrita por el CM provoca cambios en las fuerzas de reacción que el cuerpo humano ejerce sobre la base de sustentación, siendo la proyección resultante de estas fuerza sobre el suelo lo que se denomina centro de presiones (CP)<sup>9</sup>. El control de la bipedestación es frecuentemente modelizado a partir del análisis de la evolución de este parámetro recurriendo a plataformas de fuerza (estabilograma)<sup>10</sup>. Esta estrategia metodológica nos permite cuantificar con precisión el desplazamiento del CP, evaluando aspectos cinéticos y cinemáticos de las trayectorias, así como las variaciones en el tiempo de las mismas en el eje Medio-Lateral (M/L) y en el eje Antero-Posterior (A/P).

El control postural tiene un rol importante en diversas actividades deportivas, sobre todo en aquellas disciplinas donde el equilibrio es un componente importante del rendimiento, como puede ser la gimnasia rítmica (GR). Existen evidencias que permiten sustentar la hipótesis de que la práctica y la repetición sistemática de tareas específicas de equilibrio, en las distintas fases de la vida

deportiva de un sujeto (aprendizaje, entrenamiento o competición), conllevan una mejora en las habilidades posturales<sup>11-13</sup>. Estas van asociadas a una mejora en la sensibilidad de los receptores sensoriales o una mejor integración de la información por las estructuras responsables de regular el control postural.

Todo parece indicar que los atletas de alto nivel son capaces de ignorar señales irrelevantes y regulares de la postura, de acuerdo con la demanda de la disciplina que practican, consiguiendo de esta manera una óptima utilización de la información sensoriomotriz responsable del equilibrio<sup>14</sup>. Corroborando esta idea varias investigaciones han demostrado que diferentes especialistas (bailarinas y practicantes de gimnasia artística) son significativamente más estables y menos dependientes de la visión que sujetos no entrenados<sup>15-17</sup>. Sin embargo, esta hipótesis no es plenamente aceptada, existiendo algunos trabajos donde no se demostró el efecto positivo que el entrenamiento pudiera tener sobre el control postural<sup>18,19</sup>. Además, la habilidad de gimnastas de élite para conseguir, de forma eficiente, posturas específicas de alta complejidad técnica no parece tener una transferencia positiva sobre la capacidad de mantener una adecuada postura erecta estática<sup>20</sup>.

A pesar de que hay numerosos trabajos que han investigado el control postural en atletas de diferentes disciplinas<sup>4,11-13,16</sup>, incluyendo la gimnasia artística<sup>17,19</sup> y el ballet<sup>16</sup>, no son muchos los estudios que hayan investigado este fenómeno en gimnasia rítmica, disciplina que abarca aspectos de la gimnasia artística y del ballet, junto al manejo técnico específico de 5 aparatos (aro, pelota, cinta, mazas y cuerda)<sup>15</sup>. Además, es necesario destacar que la mayoría de estos trabajos utilizaron como muestra sujetos adultos. Por este motivo, el objetivo del presente estudio fue verificar si el control postural, en condiciones estáticas, es un factor discriminante entre niñas practicantes de GR de alto nivel, respecto a sus homólogas sanas.

## Método

### Muestra

Dieciséis atletas practicantes de GR que compiten a nivel nacional español (GR: Edad  $9,7 \pm 1,4$  años; Peso Corporal  $32,3 \pm 3,6$  kg, Estatura  $143,1 \pm 7,4$  cm) y 16 niñas (GC) de similar edad que no entrenan regularmente, salvo la clases de educación física (GC: Edad  $9,8 \pm 0,9$  años; Peso Corporal  $36,2 \pm 5,4$  kg; Estatura  $139,2 \pm 6,9$  cm), participaron voluntariamente en este estudio. Todas ellas informaron no haber sufrido ninguna lesión en extremidades inferiores, durante los 6 meses previos a la evaluación, así como de no padecer ninguna patología vestibular que pudiera afectar a los resultados de las pruebas. Las niñas que hacían el uso de gafas no fueron incluidas en el experimento. Las pruebas a ejecutar, así como los objetivos y procedimientos del estudio, fueron explicados a los participantes y firmaron un consentimiento libre informado para participar como sujetos experimentales en el estudio. El estudio se realizó siguiendo las normas éticas, establecidas en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2008) para la investigación con seres humanos y las mediciones fueron aprobadas por el comité ético de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

### Instrumento de medición

Se utilizó una plataforma de fuerza (sistema MuscleLab™, modelo PFMA 4000e) y los datos se recogieron en un PC mediante un transductor de datos 10 bit A/D (Sistema Muscle Lab Bosco, Ergotest Technology a.s., Langesund, Noruega) a una frecuencia de recogida de 100 Hz, en los ejes A/P y M/L. Este instrumento de medición es recomendado para evaluar el nivel competencial de atletas de GR<sup>15</sup>. El procedimiento de calibración fue realizado, en cada evaluación, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

### Protocolo de medición

Todos los sujetos fueron testados en una única sesión, justo antes del entrenamiento, que incluía la evaluación del rendimiento postural. El experimento consistió en la realización de 2 pruebas de equilibrio estático de manera aleatoria:

- *Bipodal. Ojos abiertos (OA)*: el sujeto debía mantenerse 30 segundos inmóvil sobre la plataforma de fuerza, con los pies separados (distancia entre los hombros), con los brazos relajados, cabeza erguida y con la mirada fija en un punto de referencia que se encontraba a la altura del nivel de los ojos a 2 metros de distancia.
- *Bipodal. Ojos cerrados (OC)*: ídem al anterior, pero con OC.

Para cada prueba se realizaron 3 intentos, intercalados por 30 segundos de descanso y la media fue utilizada para los cálculos de medidas del CP. Los primeros 10 segundos de cada prueba fueron descartados para eliminar posibles estados transitorios del CP. Las pruebas se realizaron con los pies descalzos, sin ropa o accesorios pesados y el mismo investigador dio las instrucciones a todos los participantes.

### Medidas del centro de presiones

*Oscilometría*: la velocidad media de desplazamiento del CP se calculó en los planos A/P ( $VM_{A/P}$ ), M/L ( $VM_{M/L}$ ), así como la velocidad media total del CP ( $VM_T$ )<sup>21</sup>. La velocidad del CP es una estimación de la variación de fuerza del sistema muscular y evalúa el control postural del sujeto, y es dada por la suma acumulada del desplazamiento del CP por tiempo total.

*Estatocinesiógrafa*: cálculo del área de recorrido del CP. Para las medidas de área se calculó la superficie que engloba el 95% de los datos del CP ( $A_{95}$ )<sup>21</sup>. El área del CP esta correlacionada con el centro de gravedad y se puede utilizar como un indicador de rendimiento postural, de forma que a menor área mejor rendimiento<sup>12</sup>. Los valores de normalidad establecidos para el área que describe las oscilaciones del CP son, para sujetos sanos, de  $100 \text{ mm}^2$ .

Tanto las medidas de velocidad como las de área se llevaron a cabo utilizando ecuaciones desarrolladas para el software Matlab por Duarte<sup>21</sup>.

También, para determinar la medida en que los sujetos utilizan la visión para el control de la posición ortostática, se evaluó el *coeficiente de Romberg (CR)*<sup>22</sup>. Este parámetro se obtiene al dividir las superficies de las elipses registradas con ojos cerrados ( $S_{OC}$ ) y con ojos abiertos ( $S_{OA}$ ), multiplicados por cien [ $CR = (S_{OC}/S_{OA}) * 100$ ]. Cuando el valor es próximo a 100 se considera ambliope postural, cuando es mayor determina mayor estabilidad con OA y lo contrario cuando el valor es menor a 100.

Por último, las medidas de dominio de frecuencia, se calcularon a partir del desplazamiento de la proyección del CP *por una transformada rápida de Fourier (FFT)* de 0-20 Hz. La densidad de potencia espectral se calculó en  $\text{cm}^2/\text{Hz}$ . Para observar las estrategias, según los bucles neuronales continuos y discontinuos del control postural, se dividió la energía total del espectro en 3 bandas<sup>4</sup>: la banda de Baja Frecuencia (BF) de 0,0-0,3 Hz, relacionada al control visual, la banda de Frecuencia Media (MF) de 0,3-1,0 Hz, sensible a informaciones del sistema vestibular y somato sensorial y la banda de Alta Frecuencia (AF) 1,0-3,0 Hz, que refleja el control propioceptivo y activación muscular. Los valores de estas bandas de frecuencia se expresaron como un porcentaje de la densidad total del espectro. El análisis espectral se llevó a cabo utilizando algoritmos desarrollados en Matlab versión 7.12.0.630 (R2011a) (The Mathworks, EE. UU.)

### Análisis estadístico

Se realizó el test de Shapiro-Wilk para comprobar la distribución normal de los datos y el ajuste de la U de Mann-Whitney

**Tabla 1**

Resultados del análisis de varianza y los tamaños del efecto entre los grupos de Gimnasia Rítmica (GR = 16) y Grupo Control (GC = 16)

		GR vs. GC	
Condición	Variable	p valor	Tamaño del efecto
OA	VM <sub>M/L</sub>	0,00	2,1
	VM <sub>A/P</sub>	0,16	0,6
	VM <sub>T</sub>	0,00	3,7
OC	A <sub>95</sub>	1,00	0,0
	VM <sub>M/L</sub>	0,00	1,9
	VM <sub>A/P</sub>	0,40	0,1
	VM <sub>T</sub>	0,00	1,7
	A <sub>95</sub>	0,78	0,1

A<sub>95</sub>: área de la elipse percentil 95; OA: ojos abiertos; OC: ojos cerrados; GC: grupo control; GR: grupo gimnasia rítmica; VM<sub>A/P</sub>: velocidad media en el eje antero-posterior; VM<sub>M/L</sub>: velocidad media en el eje medio-lateral; VM<sub>T</sub>: velocidad media total. (p < 0,05).

(SPSS-v19) para datos no paramétricos (nivel de significación p ≤ 0,05). La magnitud del tamaño del efecto (TE) fue determinada por el método descrito por Cohen<sup>23</sup> y el valor absoluto fue interpretado de acuerdo con la escala del mismo autor, siendo un efecto pequeño (d ≤ 0,2), efecto moderado (d = 0,5) y un efecto grande (d ≥ 0,8). Todos los datos fueron presentados con el valor exacto de p y taTE calculado.

**Resultados**

Ambos grupos (GR vs. GC) presentaban características similares sin diferencias significativas en edad (p = 0,85), masa corporal (p = 0,07) y estatura (p = 0,24). Se detectaron diferencias estadísticamente significativas en VM<sub>M/L</sub> (p = 0,00; TE: 2,1) y VM<sub>T</sub> (p = 0,00; TE: 3,7) cuando fueron evaluados con OA (fig. 1A y tabla 1). Con OC también se detectó el mismo comportamiento, aunque diferencias algo menores, para VM<sub>M/L</sub> (p = 0,00; TE: 1,9) y VM<sub>T</sub> (p = 0,00; TE: 1,7). En ambos casos, los valores fueron más elevados en el GR que en el GC. Las diferencias entre grupo para VM<sub>A/P</sub> apenas fueron apreciables (OA: p = 0,16, TE: 0,6; OC: p = 0,40, TE: 0,1). En ningún caso (OA vs. OC) los valores de la superficie (A<sub>95</sub>) mostraron diferencias significativas entre los 2 grupos evaluados en ambas condiciones (fig. 1C y tabla 1).

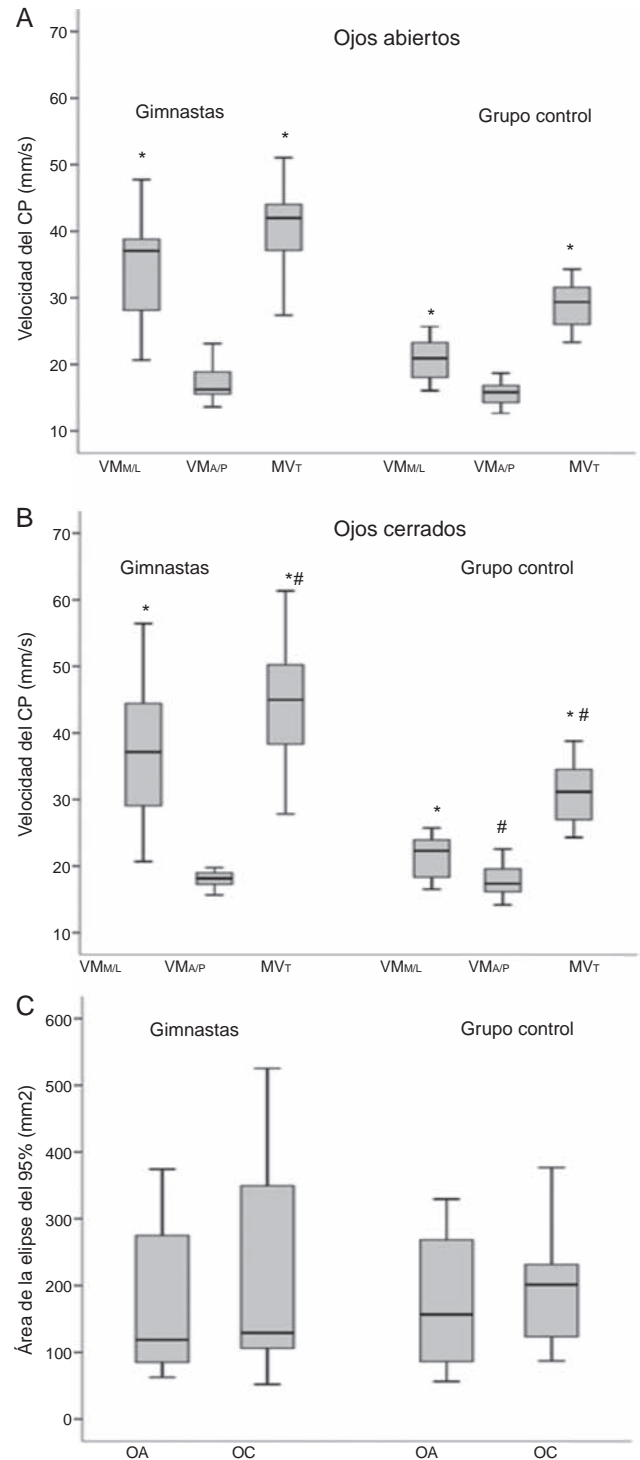
Cuando se evaluó el efecto que tiene la información visual sobre el equilibrio estático (OA vs. OC) se comprobó que, en ambos grupos, se producen aumentos significativos de VM<sub>A/P</sub> y VM<sub>T</sub> cuando el sujeto es evaluado con OC respecto a OA. La pérdida de elementos de referencia visual parece afectar más a los sujetos con menor experiencia práctica, que a las gimnastas más experimentadas, como se puede ver por el TE (fig. 1 y tabla 2). Al comparar A<sub>95</sub> los valores no mostraron diferencias estadísticamente significativas (tabla 2 y la fig. 1C) en los 2 protocolos. Estos datos nos dan información sobre

**Tabla 2**

Resultados del análisis de varianza y los tamaños del efecto entre pruebas, Ojos Abiertos (OA) y Ojos Cerrados (OC) en ambos grupos: Gimnasia Rítmica (GR = 16) y Grupo Control (GC = 16)

		OA vs. OC	
Grupo	Variables	p valor	Tamaño del efecto
GR	VM <sub>M/L</sub>	0,12	0,2
	VM <sub>A/P</sub>	0,05	0,4
	VM <sub>T</sub>	0,02	1,7
	A <sub>95</sub>	0,19	0,3
GC	VM <sub>M/L</sub>	0,13	0,1
	VM <sub>A/P</sub>	0,00	0,9
	VM <sub>T</sub>	0,00	0,5
	A <sub>95</sub>	0,19	0,2

A<sub>95</sub>: Área de la elipse percentil 95; GC: grupo control; GR: grupo gimnasia rítmica; VM<sub>A/P</sub>: velocidad media en el eje antero-posterior; VM<sub>M/L</sub>: velocidad media en el eje medio-lateral; VM<sub>T</sub>: velocidad media total. (p < 0,05).

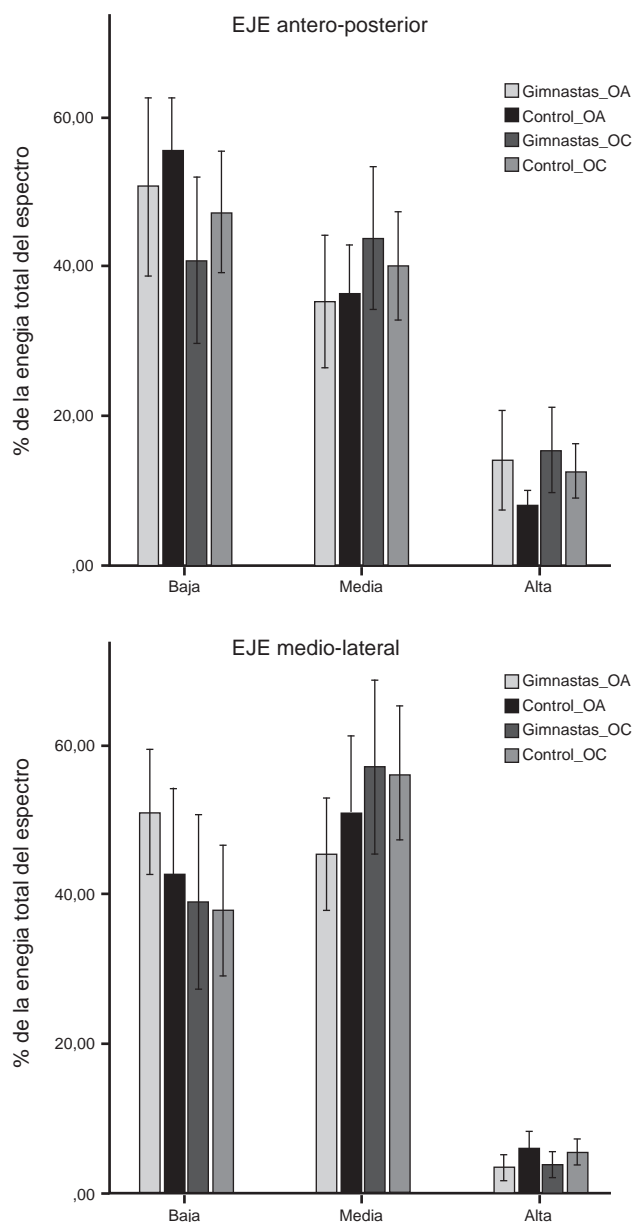


**Figura 1.** Valores de Velocidad Media Total (VM<sub>T</sub>), Velocidad Media en el eje Antero-Posterior (VM<sub>A/P</sub>) en el eje Medio-Lateral (VM<sub>M/L</sub>) del Centro de Presiones (CP) para las pruebas de Ojos Abiertos (fig. 1A) y Ojos Cerrados (fig. 1B) para el grupo de Gimnasia Rítmica, (n = 16) y para el grupo control (n = 16). Figura 1C: Área del CP para ojos abiertos (OA) y cerrados (OC). \* Diferencia estadísticamente significativa (p < 0,05) entre grupos; # diferencia entre pruebas (OA vs. OC).

el diferente efecto que tiene, para cada grupo, la información que recibe del entorno.

Respecto al CR, ambos grupos presentaron valores próximos a 100, (GR = 94 ± 43 y Control = 102 ± 86).

En el análisis en modo frecuencia se detectó que la energía espectral total de las oscilaciones en el eje M/L del CP,



**Figura 2.** Media (DE) del % de la energía total del espectro por bandas de frecuencias: Baja 0-0,3 Hz; Media 0,3-1 Hz; y Alta > 1 Hz, para los grupos de gimnastas y grupo control, en pruebas con los Ojos Abiertos (OA) y Ojos Cerrados (OC), en el eje antero-posterior y medio-lateral.

en ambas condiciones (OA vs. OC), fue significativamente mayor para GR que para la GC (OA:  $11.868 \pm 9.794 \text{ cm}^2/\text{Hz}$  vs.  $2.930 \pm 2.455 \text{ cm}^2/\text{Hz}$ ; OC:  $11.651 \pm 8.187 \text{ cm}^2/\text{Hz}$  vs.  $2.500 \pm 1.488 \text{ cm}^2/\text{Hz}$ ;  $p < 0,05$ ).

En el eje A/P ocurrió lo contrario también con diferencias significativas entre grupos. El GR mostró valores más bajos de energía espectral en ambas condiciones (OA:  $3.091 \pm 2.157 \text{ cm}^2/\text{Hz}$  vs.  $4.637 \pm 2.263 \text{ cm}^2/\text{Hz}$  y OC:  $3.635 \pm 2.630 \text{ cm}^2/\text{Hz}$  vs.  $6.083 \pm 3.399 \text{ cm}^2/\text{Hz}$ ). Nótese como las diferencias aumentan cuando los sujetos son evaluados con los OC.

En el análisis de cada una de las bandas de frecuencia en las que se divide el espectro (BF, MF y AF) se detecta un comportamiento similar en ambos grupos en el eje A/P (fig. 2): disminución de la banda de baja frecuencia (feedback visual) y aumento de la moderada frecuencia (feedback vestibular) y la alta frecuencia (feedback propioceptivo). En ningún caso los cambios presentaron diferencias estadísticamente significativas. En el eje M/L se detecta un

comportamiento similar en ambos grupos el cual se manifiesta en disminución de BF, aumento de MF y valores similares para AF. Estos cambios tampoco presentan diferencias relevantes en ninguno de los 3 casos.

## Discusión

El principal hallazgo de nuestro estudio ha sido que el control postural, en condiciones estáticas, es un factor discriminante entre niñas practicantes de GR y sus homólogas no deportistas. Diferentes estudios han planteado que la práctica y la repetición continuada de tareas específicas de equilibrio conllevan una mejora del control postural en condiciones estáticas<sup>11-13</sup>. Estas tareas forman parte habitual de las rutinas de entrenamiento que emplean determinadas modalidades deportivas, incluida la GR, que incluyen acrobacias entre sus elementos técnicos.

Por tal motivo, si el equilibrio es un factor tan determinante en estos deportes, entendemos necesario analizar si su ejecución, en sus aspectos más básicos (i. e. equilibrio estático o control postural), puede ser un factor discriminante respecto a otro tipo de población. Entendiendo que, el control postural se refiere a la habilidad de controlar la inestabilidad y, compartiendo las aportaciones de Duarte y Freitas<sup>21</sup> que afirman que, aun cuando el sujeto está en una postura en bipedestación-estática, el cuerpo se mueve de manera continua alterando el CM y generando velocidades de reacción A/P y M/L, asumimos que la expresión más correcta sería *postura erecta semiestática*<sup>21</sup>. Por esta razón, era lógico encontrar, en nuestro estudio, que los valores del área del CP ( $A_{95}$ ) fueran similares a los de otros estudios, pero que no ocurriera lo mismo con los valores de la velocidad en los ejes AP/y M/L. En ambos casos nuestros resultados son más elevados que los de otros estudios de referencia<sup>11,24</sup>. No obstante, deben tenerse en cuenta los diferentes valores de muestreo que permiten los instrumentos con los que se realizaron las evaluaciones (100 Hz vs. 20 Hz).

Cuando se realizó la comparación entre los grupos en que se organizó la muestra se detectó diferencias en los valores de  $VM_{M/L}$  (OA y OC) y para  $VM_T$ . En ambos casos los resultados fueron más elevados para GR. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos para  $VM_{A/P}$  (OA y OC) y  $A_{95}$ . Algunos estudios<sup>4,12,13,17,19</sup> plantean que un aumento en la velocidad de CP representa una disminución en la habilidad para mantener una postura ortostática estable<sup>12</sup>. Sin embargo, no está claro si esta es la manera más precisa de interpretar esta variable<sup>25</sup>. Una mayor velocidad del CP también puede representar una habilidad favorable para mantener una postura equilibrada<sup>26</sup>. Esto supondría un ajuste constante del CP en busca de un equilibrio lo más estable posible en cada instante de la evaluación<sup>3</sup>. De acuerdo a este criterio, una mayor velocidad del CP en el grupo de GR puede significar una capacidad de reajuste postural más rápido y preciso. Entendemos que, valores más elevados de velocidad y medidas de área del CP similares podrían ser interpretados como estrategias de control postural en condiciones estáticas más eficientes que valores de velocidad más bajos para una misma área del CP. Esto es lo que observamos en nuestro trabajo al comparar el GR con GC. De acuerdo con Golmer et al.<sup>17</sup>, debido a que las bailarinas entrenan con las piernas en la posición «en-dehors», poseen un desarrollo muscular (músculos agonistas y antagonista) que les proporciona una mejor estrategia de control postural en relación con el eje M/L. Teniendo en cuenta que las practicantes de GR también incluyen el ballet en sus rutinas de entrenamiento, sobre todo en las etapas iniciales, es de esperar que posean un mejor control en el plano M/L. Estos resultados también deben ser considerados en el contexto de que, al menos teóricamente, las gimnastas deberían ser personas genéticamente predispuestas a poseer un buen control postural y un elevado equilibrio que les permita evolucionar de forma favorable hacia un nivel competitivo más elevado<sup>27</sup>.



Posiblemente, las diferencias no encontradas en el plano A/P se deban a que los niños maduran el control postural en este plano antes que en el plano M/L, por tanto, cuando existe la necesidad de mejora en equilibrio, la prioridad es dada a los ejercicios que refuerzan el equilibrio en el plano M/L<sup>11</sup>.

Ha sido demostrado que la información visual tiene un rol importante en el control postural en condiciones estáticas<sup>11</sup>. Asimismo, todo hace suponer que las gimnastas deben verse menos afectadas que otros sujetos no entrenados por cambios en este mecanismo de feedback sensorial<sup>16,18,28</sup>. Atletas que practican estas modalidades deportivas podrían compensar, de manera más eficaz, la información que utiliza del sistema visual con la que podría obtener de otros sistemas sensoriales. Esto sería consecuencia de que estos atletas tienen habilidades especiales, diferentes a los de sujetos no entrenados y que, el propio entrenamiento, mejoraría otros mecanismos de información que favorecen el equilibrio y la reequilibración, como pueden ser la información que recibe de receptores musculares, tendinosos y articulares (propiocepción)<sup>16,17</sup>.

En nuestro estudio se ha utilizado el CR para estimar la influencia que la falta de información visual tiene sobre el control postural en condiciones estáticas. Ambos grupos presentaron valores próximos a 100, (GR=94±43 y Control=102±86), lo que a priori significa que, en ninguno de ellos, el control postural fue afectado por la falta de información visual.

Este resultado se justifica porque el CR utiliza los valores de área de desplazamiento de CP y esta no varía entre condiciones (OA vs. OC) en ambos grupos. Sin embargo, esto entra en contradicción con lo que nos indican los datos de VM<sub>A/P</sub> y VM<sub>T</sub> en ambos grupos al ser evaluados con OA y OC, que presentan variaciones ante la falta de información visual, es decir, la pérdida de referencias visuales parece alterar significativamente el control postural en condiciones estáticas, especialmente entre los sujetos del grupo menos entrenado. Estos datos coinciden con los propuestos en los trabajos de Golomer et al.<sup>28</sup> y Viullerme et al.<sup>17</sup>.

El análisis de la señal en modo frecuencia es considerado una herramienta importante para el análisis del control postural<sup>15</sup> y el equilibrio<sup>28</sup>, permitiéndonos obtener datos significativos que no se pueden percibir en el análisis meramente estadístico de los valores brutos obtenidos para las variables de Velocidad y Área que ocupa el CP<sup>4</sup>.

Algunos autores sugieren que diferentes circuitos neurofisiológicos son los responsables de las diferentes frecuencias de oscilación del cuerpo en su intento de mantener la postura erecta. Normalmente, el 90% del total de la energía contenida en la frecuencia de la oscilación postural está por debajo de 2 Hz<sup>29</sup>, valor que coincide con lo observado en los sujetos de nuestra muestra. De acuerdo con Golomer et al.<sup>28</sup>, la energía total espectral corresponde a oscilaciones de baja frecuencia corporal, de forma que una disminución en la potencia media, indica un aumento en la estabilidad postural<sup>16</sup>. Nosotros entendemos que, una posición más estática representa un mayor equilibrio, pero pensamos que, una capacidad de ajuste de la posición de equilibrio, debe ir acompañada con ajustes finos de la posición del CP (pequeños cambios de posición realizados de forma rápida).

Nuestros resultados muestran que, en el eje M/L, la energía espectral total fue mayor en GR, lo que indicaría una mejor capacidad de reequilibración en el eje M/L. Sin embargo, el espectro de frecuencias del CP en el eje A/P fue más elevado en el GC.

En el análisis por bandas de frecuencia se detecta un comportamiento similar en ambos grupos. En ningún caso los cambios presentaron diferencias estadísticamente significativas. No obstante, no existe un consenso universal, en cuanto a la importancia de este índice o si es válido para identificar alteraciones en el sistema de control postural. Sin embargo, algunas hipótesis parecen ser habitualmente aceptadas: la visión es la información

dominante; la propiocepción afecta principalmente las oscilaciones en el plano A/P; oscilaciones de baja-frecuencia se ven afectadas por la información vestibular; oscilaciones de alta frecuencia son controladas por la información propioceptiva<sup>30</sup>.

Los resultados sugieren que el control postural, en condiciones estáticas, es un factor discriminante entre niñas practicantes de GR y sus homólogas no deportistas. Estas deportistas parecen poseer estrategias posturales distintas al mostrar una cierta tendencia a ser menos afectadas por la falta de información visual durante la ejecución de la tarea. Sin embargo, tras los resultados obtenidos, entendemos que las metodologías que habitualmente se utilizan para el análisis de la información que aportan las plataformas de fuerza (análisis de las características geométrico-temporales del patrón de oscilación del cuerpo y análisis en modo frecuencia) no son lo suficientemente sensibles para investigar los mecanismos de control y regulación del control postural. Los cambios en los patrones de oscilación del CP presentan características no-lineales, al estar afectado de forma muy precisa y efectiva por las propiedades viscoelásticas de los músculos y, por los complejos mecanismos de control y regulación, que realiza permanentemente el sistema nervioso. Futuras investigaciones, con este tipo de metodología, serán necesarias para un mejor entendimiento de las estrategias que tiene el organismo para optimizar el control postural.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

- Frank JS, Earl M. Coordination of posture and movement. *Phys Ther*. 1990;70:855-63.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control. Theory and practical applications. Baltimore: Williams and Wilkins; 1996.
- Blázquez MT, Anguiano M, Arias de Saavedra F, Lallena AM, Carpena P. Aplicación del método Detrended Fluctuation Analysis a la trayectoria del centro de presión del cuerpo humano. *Rev Fis Med*. 2009;10(1):27-34.
- Nagy E, Toth K, Janositz G, Kovacs G, Feher-Kiss A, Angyan L, et al. Postural control in athletes participating in an ironman triathlon. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92(4-5):407-13.
- Isableu B, Ohlmann T, Crémieux J, Amblard B. Selection of spatial frame of reference and postural control variability. *Exp Brain Res*. 1997;114(3):584-9.
- Pozzo T, Berthoz A, Lefort L, Vitte E. Head stabilization during various locomotor tasks in humans II. Patients with bilateral peripheral vestibular deficits. *Exp Brain Res*. 1991;85(1):208-17.
- Gahery Y. Associated movements, postural adjustments and synergies: Some comments about the history and significance of three motor concepts. *Arch Ital Biol*. 1987;125(4):345-60.
- Pompeiano O. Neural mechanism of postural control. En: Taguchi K, Igarashi M, Mori S, editores. Vestibular and neural front. Amsterdam: Elsevier; 1994. p. 423-36.
- Roerdink M, de Haart M, Daffertshofer A, Donker SF, Geurts ACH, Beek PJ. Dynamical structure of center-of-pressure trajectories in patients recovering from stroke. *Exp Brain Res*. 2006;174:256-69.
- Assessment: Posturography. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*. 1993;43:1261-4.
- Bieć E, Kuczynski M. Postural control in 13-year-old soccer players. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(4):703-8.
- Paillard T, Noe F, Rivière T, Marion V, Montoya R, Dupui P. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *J Athl Train*. 2006;41(2):172-6.
- Perrin P, Devitère D, Hugel F, Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait Posture*. 2002;15(2):187-94.
- Davlin CD. Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills*. 2004;98(3Pt2):1171-6.
- Calavalle AR, Sisti D, Rocchi MBL, Panebianco R, del Sal M, Stocchi V. Postural trials: Expertise in rhythmic gymnastics increases control in lateral directions. *Eur J Appl Physiol*. 2008;104(4):643-9.
- Golomer E, Dupui P, Sereni P, Monod H. The contribution of vision in dynamic spontaneous sways of male classical dancers according to student or professional level. *J Physiol*. 1999;93(3):233-7.
- Viullerme N, Danion F, Marin L, Boyadjian A, Prieur J, Weise I, et al. The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neurosci Lett*. 2001;303(2):83-6.
- Danion F, Boyadjian A, Marin L. Control of locomotion in expert gymnasts in the absence of vision. *J Sports Sci*. 2000;18(10):809-14.

19. Gautier G, Thouvarecq R, Larue J. Influence of experience on postural control: Effect of expertise in gymnastics. *J Mot Behav.* 2008;40(5):400-8.
20. Asseman F, Caron O, Cremieux J. Is there a transfer of postural ability from specific to unspecific postures in elite gymnasts? *Neurosci Lett.* 2004;358(2):83-6.
21. Duarte M, Freitas MS. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(3):183-92.
22. Van Parys JA, Njiokiktjien CJ. Romberg's sign expressed in a quotient. *Agressologie.* 1976;17:95-9.
23. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* 1<sup>a</sup> ed New York: Academic Press; 1969.
24. Olivier I, Palluel E, Nougier V. Effects of attentional focus on postural sway in children and adults. *Exp Brain Res.* 2008;185(2):341-5.
25. Davids K, Kingsbury D, George K, O'Connell M, Stock D. Interacting constraints and the emergence of postural behavior in ACL-deficient subjects. *J Mot Behav.* 1999;31(4):358-66.
26. Palmieri RM, Ingersoll CD, Stone MB, Krause BA. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *J Sport Rehabil.* 2002;11(1): 51-66.
27. Chapman DW, Needham KJ, Allison GT, Lay B, Edwards DJ. Effects of experience in a dynamic environment on postural control. *Br J Sports Med.* 2008;42(1): 16-21.
28. Golomer E, Dupui PH, Monod H. The effects of maturation on self-induced dynamic body sway frequencies of girls performing acrobatics or classical dance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997;76(2):140-4.
29. Soames RW, Atha J. The spectral characteristics of postural sway behaviour. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1982;49(2):169-77.
30. Giacomini PG, Sorace F, Magrini A, Alessandrini M. Alterations in postural control: The use of spectral analysis in stability measurement. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 1998;18(2):83-7.



ELSEVIER

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

www.elsevier.es/ramd



Original article

## Effects of sensory motor training of lower limb in sedentary elderly as part of functional autonomy



A.A. Barbosa Rezende<sup>a</sup>, E. Fernandes de Miranda<sup>a,b,\*</sup>, H. Souza Ramalho<sup>a</sup>, J.D. Borges Da Silva<sup>a</sup>, S.D. Silva Carlotto Herrera<sup>a</sup>, G. Rossone Reis<sup>a</sup>, E.H. Martin Dantas<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup> Centro Universitário UnirG, Gurupi-TO, Brazil

<sup>b</sup> Laboratory of Biosciences of Human Motricity (LABIMH) of the Federal University of Rio de Janeiro State (UNIRIO), Rio de Janeiro, Brazil

<sup>c</sup> University Tiradentes (UNIT), Brazil

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 7 September 2013

Accepted 28 May 2014

#### Keywords:

Motor activity

Elderly

Limited mobility

### ABSTRACT

**Objective:** Assess the effects of sensorimotor training on the functional autonomy levels of sedentary elderly people.

**Methods:** The sample was composed of 30 women (sedentary, functionally independent,  $\chi = 65.03 \pm 4.93$  year), divided randomly into two groups: control (CG,  $n = 15$ ) and experimental (EG,  $n = 15$ ). Tests developed by the Latin American Development for the Elderly Group (GDLAM) were used to evaluate autonomy. The EG was submitted to a sensorimotor program three times a week, involving 24 thirty-minute sessions. Data were processed using the SPSS program, with a 5% significance level.

**Results:** The EG showed a significant reduction in execution time in all the tasks, while the CG only obtained a significantly better score on the 10-M walk test. Although the EG improved in the GDLAM index ( $\Delta\% = -30, 3\%$ ,  $p = 0.0001$ ), it remained at a "weak" level (GDLAM index  $> 27.42$ ).

**Conclusion:** The results demonstrate that sensorimotor training reduces the execution time of tasks, as well as improving functional performance in activities of daily living.

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

## Efectos del entrenamiento sensorio motriz del miembro inferior en ancianos sedentarios como parte de su autonomía funcional

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar los efectos del entrenamiento sensorio motriz en los niveles de autonomía funcional del anciano sedentario.

**Método:** La muestra se compuso por 30 mujeres (sedentarias, independientes funcionalmente,  $65,03 \pm 4,93$  años) divididas al azar en 2 grupos: control (CG,  $n = 15$ ) y experimental (EG,  $n = 15$ ). Para la evaluación de la autonomía se utilizaron las pruebas del Grupo del Desarrollo Latinoamericano para la Madurez (GDLAM) antes y después de la intervención. El EG fue sometido a un programa de entrenamiento sensorio motriz, 3 veces a la semana, la duración de cada sesión fue de 30 minutos y realizaron 24 sesiones. Los datos se procesaron con el programa SPSS, versión 19, adoptando nivel de significación de la  $p < 0,05$ .

**Resultados:** En el grupo experimental se constató una reducción significativa del tiempo de ejecución en todas las tareas, mientras el CG solo obtuvo resultado significativamente mejor en la prueba de caminata de 10 m. En el índice general de GDLAM, el grupo experimental presentó mejora ( $\Delta\% = -30, 3\%$ ,  $p = 0,0001$ ), pero se mantuvo en un nivel «débil» (Índice GDLAM  $> 27,42$ ).

#### Palabras clave:

Actividad motora

Mayores

Limitación de la movilidad

\* Corresponding author at: Centro Universitário UnirG, Gurupi-TO, Brazil.

E-mail address: [eduardounirg@gmail.com](mailto:eduardounirg@gmail.com) (E. Fernandes de Miranda).

**Conclusión:** Los resultados muestran que la práctica del entrenamiento sensorio motriz influye de forma positiva en la reducción del tiempo de ejecución de las tareas, lo que se relaciona con el mejor rendimiento funcional de las actividades cotidianas.

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

## Efeitos do treinamento sensório-motor de membros inferiores em idosos sedentários como parte de sua autonomia funcional

### R E S U M O

#### Palavras-chave:

Atividade motora  
Idoso  
Limitação da mobilidade

**Objetivo:** Avaliar os efeitos do treinamento sensório-motor sobre os níveis de autonomia funcional de idosos sedentários.

**Métodos:** A amostra foi composta por 50 mulheres (sedentárias, funcionalmente independentes, 65,03 ± 4,93 anos) divididas aleatoriamente em 2 grupos: controle (CG, n = 15) e experimental (EG, n = 15). Para a avaliação da autonomia funcional foi utilizado o teste Grupo de Desenvolvimento Latino-Americano para a Maturidade (GDLAM) antes e após a intervenção. O grupo EG foi submetido a um programa de treinamento sensório-motor, 3 vezes por semana, com duração de 30 minutos cada sessão, e foram realizadas durante 24 sessões. Os dados foram processados através do programa SPSS, versão 19, adotando nível de significância de  $p < 0,05$ .

**Resultados:** No grupo experimental foi constatada uma redução significativa do tempo de execução em todas as tarefas, enquanto que o grupo CG obteve resultados significativamente menores no teste de caminhada de 10 m. No índice geral do GDLAM, o grupo experimental apresentou melhora ( $D\% = -30,3\%$ ,  $p = 0,0001$ ), porém se manteve em nível «fraco» (índice GDLAM > 27,42).

**Conclusão:** Os resultados mostraram que a prática do treinamento sensório-motor influencia de forma positiva na redução do tempo de execução das tarefas, relacionando-se com melhor rendimento funcional das atividades cotidianas.

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

## Introduction

Mobility is one of the most important aspects of physical function, especially as a prerequisite for executing activities of daily living (ADL) and maintaining independence.<sup>1</sup> Thus, a significant decrease in the gait pattern of elderly individuals hinders the execution of activities such as walking, climbing up and down stairs, moving in and out of bed or a chair, personal hygiene, shopping and remaining active, thereby progressively compromising functional capacity.<sup>2,3</sup>

The elderly have reduced muscle strength, suffering from negative influence on the ability of sensory discrimination, with consequent loss of motor coordination, balance and proprioception.<sup>4-6</sup>

Likewise in elderly autonomous, there is a possibility that these defects, over time, may occur, affecting the pattern of movement and decreasing the individual's ability to walk and minimize the risk of falls. Since gait is a complex motor phenomenon, resulting from the interaction of neurological, musculoskeletal, vestibular and somatosensory systems and is one of the most important aspects of physical function and prerequisite for the execution of daily living (ADLs) activities, there may arise disability and functional dependence<sup>7-9</sup> is important to test the efficacy of interventions aimed recover and extend the good operational status of the march, aiming to promote functional autonomy of the elderly.

During the aging process these suffer impairment due to various mobiles, joint, muscle and nerve factors, and also because of balance disorders<sup>6,10</sup> resulting in limitations in ADLs that negatively affect the self-confidence of the elderly, hampering their execution, due to fear of falling or other physical, psychological or social factors. Moreover, these restrictions may progressively compromise the functional autonomy over time, creating an irreversible cycle, resulting in total dependence or even bed confinement.<sup>11</sup>

Functional autonomy is defined as follows: autonomy of action, referring to the notion of physical independence; autonomy of will, that is, the possibility of self-determination; and autonomy of thoughts, related to the possibility of judging any situation.<sup>12,13</sup> Autonomy of action is also referred to as functional autonomy, describing the ability of an elderly individual to independently perform ADLs.<sup>12</sup>

Physical activity has produced positive effects on maintaining functional autonomy and is a preventive factor against functional limitations, that is, the inability to sustain normal daily tasks, in addition to enhancing performance in ADLs.<sup>14-15</sup>

Several studies have investigated the benefits of physical activity on functional autonomy;<sup>1,14,15</sup> however, there is a lack in regards to the training of sensorimotor functional activities that simulate displacement influencing ADLs and therefore part of the functional autonomy protocols.

The aim of the present study was to assess the effects of sensorimotor training of the lower limb in sedentary elderly as part of functional autonomy.

## Methods

### Subjects

Thirty sedentary, autonomous and functionally independent women, aged between 60 and 75 years ( $\chi = 65.03 \pm 4.93$ ) and enrolled in the Physical Activity and Rehabilitation Program for Autonomy in the Elderly (PARPAE) at the Centro Universitário UnirG in Gurupi, Brazil, were randomly selected.

The following exclusion criteria were adopted: the need for walking aids or assistance from another person; suffering from cardiovascular diseases that limit physical exercise; visual acuity

less than 0.3 by the Snellen Table<sup>16</sup>; use of orthoses; presence of neurological dysfunctions; orthopedic diseases of the lower limbs that limit ambulation; otoneurological alterations; participation in other physical exercise programs and attending less than 80% of the sessions.

In accordance with Resolution 196/96 and the Helsinki Convention,<sup>17</sup> subjects were informed about study procedures and possible related discomfort, in addition to giving written informed consent.

The project was approved by the Human Research Ethics Committee of Universidade Castelo Branco (UCB/RJ), under protocol no. 0002/2009.

#### Diagnostic assessment

Study participants were assessed for functional autonomy, according to the Latin American Development for the Elderly Group (GDLAM) protocol,<sup>12</sup> adapted for this study to characterize functional autonomy status in the elderly.

The assessment consisted of five tests, as follows: 10 m Walk (C10m)<sup>18</sup>; getting up from a sitting position (LPS)<sup>19</sup>; getting up from the prone position (LPDV)<sup>20</sup>; getting up from a chair and moving around the house (LCLC).<sup>21</sup> Scores are awarded based on time (seconds) required to execute tasks, such that the lowest time represents the highest level of functional autonomy. These tests are used to calculate the GDLAM index, classifying functional performance as very good < 22.66; 22.66 < good < 24.97; 24.98 < fair < 27.42 and weak > 27.42. The GDLAM index was calculated by normalizing between the four autonomy tests. This calculation was elaborated from the following formula:

$$\text{GDLAM index} = \frac{[(\text{C10} + \text{LPS} + \text{LPDV}) \times 2] + \text{LCLC}}{3}$$

For the last test we used a wooden chair with a 50 cm seat-to-floor height and no arm rest; a Cronobio SW 201 water resistant stopwatch (USA); an E.V.A. tatami mat (Brazil); and a Uyustools 50-cm professional measuring tape (USA).

For test the effect of the learning, the day before the intervention was taught until they properly execute the task. In the period preceding it and post intervention, all tests were performed in two trials with an interval of 5 min, recording the shortest time achieved in the execution of each task. These times were compared with autonomy levels of the GDLAM protocol, in order to classify the elderly according to degree of functional autonomy.

#### Intervention

After the pretest, subjects were randomly divided into the experimental group (EG  $n = 15$ ), submitted to a sensorimotor program and the control group (CG  $n = 15$ ). The EG underwent three 30 min sessions per week for 8 weeks, followed by reassessment.

The CG met weekly for eight weeks and were informed that they would also be submitted to the same sensorial training after the conclusion of the study.

Training was conducted on a previously planned circuit established by PARPAE (Physical Activity and Rehabilitation for Autonomy in the Elderly Program), a community initiative supported by the federal agency FINEP (Research and Project Financing). The circuit was originally created in order to train the gait pattern, so it has tasks that simulate ADLs involving only the lower limbs. It has not been validated, but already there was a publication that demonstrated the effects of this circuit in the gait pattern of sedentary elderly.<sup>22</sup> The circuit, denominated Circuit for Assessment and Development of Gait, Balance and Physical Conditioning in the Elderly, was built in a 15.84-meter-long room,

containing eight stations designed for activities using proprioceptive and balance stimuli, as described below and illustrated in Fig. 1.

Station 1 – Walking over 35-cm-wide cylindrical blocks, ranging between 10 and 40 cm in height, using alternate lower limbs and placing both feet on the block before proceeding to the next one. Blocks were arranged in two levels of difficulty: the first level had seven blocks with little variation in height while the second consisted of nine blocks with greater height variation, requiring more exercise intensity.

Station 2 – Stepping over five 0.75-cm-high signal cones, lying flat and placed 1 m apart in a sandbox measuring 11 m × 1.10.

Station 3 – Walking along a curb 10-cm-high, 12-cm-wide and 11-m-long.

Station 4 – Standing on both feet for 20 s with no hand support, in proprioceptive balance.

Station 5 – Moving forwards and sideways to negotiate eight obstacles tied to the ceiling with nylon thread, arranged in two columns measuring 125 cm × 60 cm.

Station 6 – Walking under two 80-cm-long obstacles located 130 cm above the floor, using squatting movements.

Station 7 – Climbing stairs with seven 10-cm-high steps, angled at 45° and equipped with an 85-cm-high handrail, then going down a 3.10-m-long ramp. This procedure was then repeated.

Station 8 – Walking in a straight line over 3 m of mats placed end-to-end on the floor.

Participants were instructed to complete the circuit at a fairly light intensity, corresponding to level 12 on the Borg Scale,<sup>23</sup> which requires approximately 55% of maximum heart rate, ensuring continuity of the activity for the time period established.

They were also advised to use light clothing and no footwear, in order to avoid possible influences by different types of shoes.

On the first day, prior to the experiment, participants were familiarized with the circuit. They were also informed that they could interrupt the maneuver at any time if they felt discomfort. Furthermore, they were instructed not to alter their activities of daily living, in order to reduce possible external influences on the final results.

#### Statistical analyses

We used descriptive analysis with mean, standard deviation and delta percentage. Sample normality was assessed by the Shapiro–Wilk test. To analyze response variables, the paired Student's *t* or Wilcoxon test was used for intergroup analysis, when appropriate. The value of  $p < 0.05$  was adopted for statistical significance, and the SPSS version 19 program was used to assess results.

#### Results

The scores obtained by the control and experimental groups on the four tests and the GDLAM index, before and after the intervention, are illustrated in Graphs 1, 2 and 3.

The experimental group showed a significant reduction in execution time in all the tasks (Fig. 2), while the control group scored significantly higher only in the 10-M walk (Fig. 3).

With respect to the GDLAM index (Fig. 4), the experimental group decreased from 81.09 to 54.33 ( $p = 0.0001$ ), that it is still considered weak, that is >27.42. The control group increased from 34.75 to 35.49 ( $p = 0.3016$ ).

#### Discussion

The low functional performance classification observed in the elderly of the present study is in accordance with the premise that

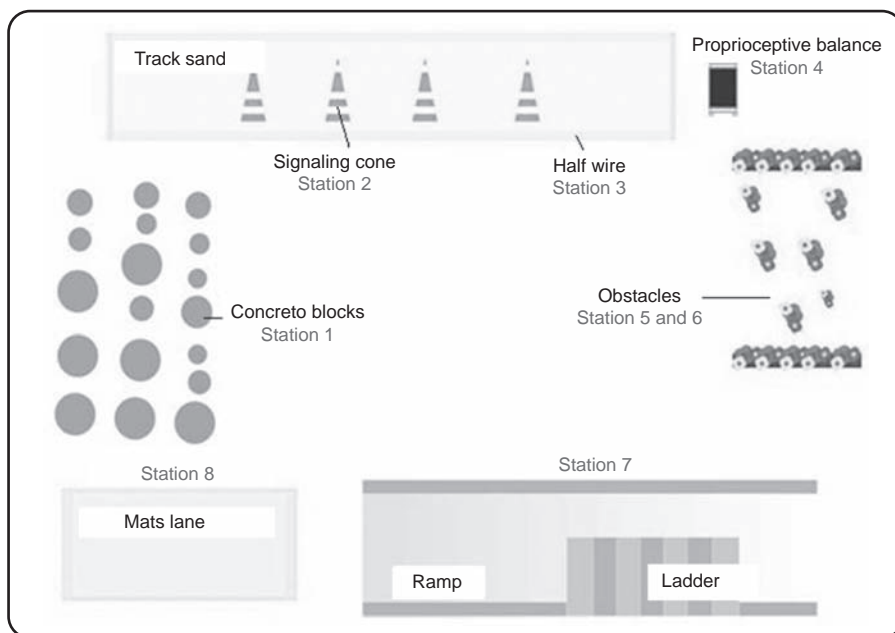


Fig. 1. Illustration of the circuit for assessment and development of gait, balance and physical conditioning in the elderly.

aging, in conjunction with a sedentary lifestyle, provokes a reduction in functional capacity.<sup>24</sup> According to a number of studies,<sup>25,26</sup> the more active elderly preserve functional autonomy for a longer period of time, thereby reducing the risks of functional decline.

Similar data were observed in another study.<sup>24</sup> The authors compared the autonomy level between 15 sedentary elderly individuals, that is, who did not engage in any type of regular physical activity and 15 others who walked at a light intensity pace three times a week for 30 min, over a three-month period. The active elderly obtained better results ( $p < 0.01$ ), but when EG values were compared, both groups were classified as weak. In the C10m, LPS, LPDV and LCLC tests, the active elderly exhibited significantly better results ( $p < 0.05$ ) than the other group.<sup>12,27</sup>

As a strategy to preserve autonomy, physical exercises can be implemented to increase not only endurance and muscle strength, but also balance and mobility, which could reduce risks of falling

and injuries<sup>28</sup> and positively impact the performance of activities of daily living.<sup>29,30</sup>

Physical activity also improves functional capacity, that is, the ability to perform normal activities of daily living with efficiency and independence, and training focusing on functionality is the best means of developing this capacity. According to the principle of specificity, this form of exercise seeks to adapt the human body to normal activities of daily living, using exercises that stimulate proprioception and physical capacities such as strength, flexibility, motor coordination, balance and cardiovascular endurance.<sup>31,32</sup>

In order to promote successful learning, specific task-directed activities must be intensely performed, evolving to varied exercises and environments. In this training, several distinct strategies must be applied, since most balance demands derive from activities of daily living. For this reason, two aspects must be considered when selecting functional training activities: the patient's safety and level

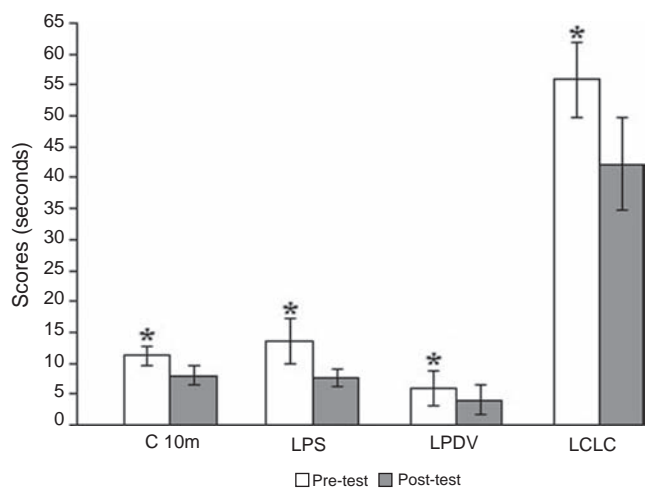


Fig. 2. Mean scores for the experimental group on the GDLAM protocol. C10m = 10-meter walk; LPS = getting up from a sitting position; LPDV = getting up from the prone position; LCLC = getting up from a chair and moving around the house. \*Significantly different in the post-test ( $p < 0.01$ ).

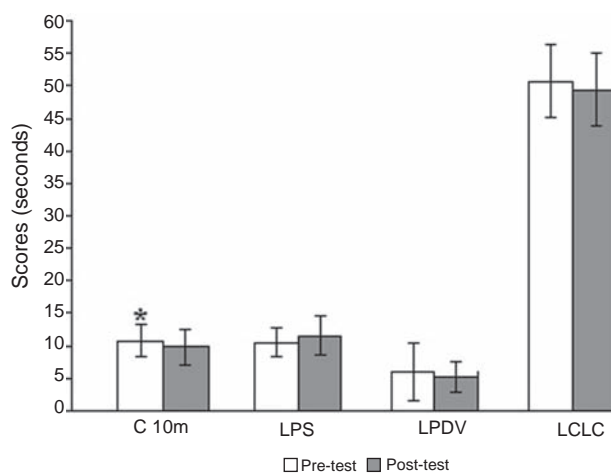
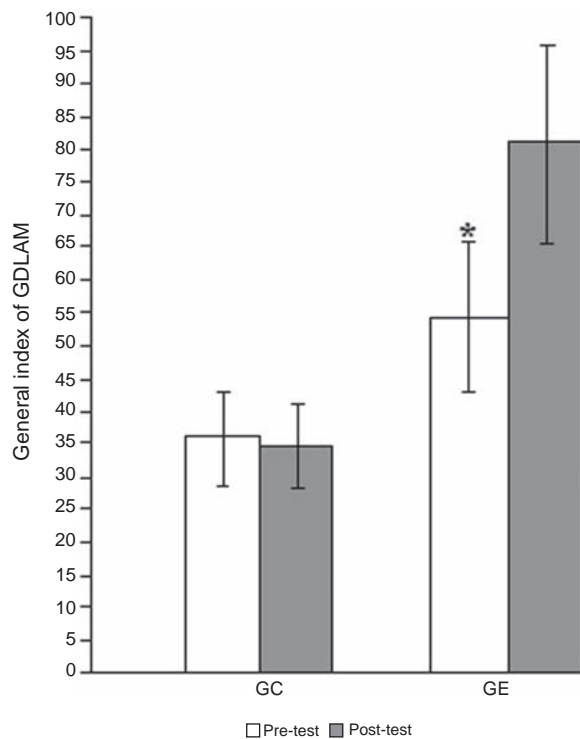


Fig. 3. Mean scores for the control group on the GDLAM protocol. C10m = 10-meter walk; LPS = getting up from a sitting position; LPDV = getting up from the prone position; LCLC = getting up from a chair and moving around the house. \*Significantly different in the post-test ( $p < 0.05$ ).



**Fig. 4.** Mean GDLAM index scores of control and experimental groups. CG – control group, EG – experimental group. \*Significantly different in the post-test ( $p < 0.01$ ).

of control, as well as variety in terms of real-life functional tasks and environment.<sup>31</sup>

In the present study, pre- and post-training sensorimotor results in the EG demonstrate task learning, evidenced by the reduced execution time on the tests. Similar studies have shown that a physical activity program involving walking three times a week for 45 min at an intensity between 55% and 75% of maximum heart rate,<sup>33</sup> and another applying the same frequency with a duration of 60 min, over a three-month period, produced shorter execution times on all GDLAM tests, reflecting in improved functional autonomy.<sup>34</sup>

An experimental study conducted in elderly women (65 ± 6.40 years), separated randomly into an experimental – EG ( $n = 31$ ) and control group – CG ( $n = 28$ ), assessed aerobic endurance, autonomy and quality of life after recreational activities and 1 h walks three times a week for four months. With respect to autonomy, the GDLAM index of the EG exhibited significant improvements when compared to the pre-test and post-test ( $p = 0.0001$ ), in contrast to the CG, where this did not occur ( $p = 0.999$ ).<sup>35</sup>

Other types of programs also aim at improving functional autonomy. This can be observed in a study of 52 sedentary elderly people, divided into a control (CG) and experimental (EG) group, submitted to a series of 10 Pilates exercises, twice a week for eight weeks. After the training program, it was found that the EG achieved significantly better results on all the tests and in the GDLAM index ( $p = 0.035$ ), and that the CG obtained a significantly higher score ( $p = 0.042$ ) only on the 10 m walk test.<sup>36</sup>

Yoga has also been shown to improve autonomy when a group that engaged in this activity twice a week for 60 min over a 14-week period,  $n = 52$  (66.79 ± 3.30 years) was compared with a control group,  $n = 31$  (69.33 ± 4.84 years), resulting in better GDLAM index ( $p = 0.0001$ ).<sup>37</sup>

Although sensorimotor training provoked significant improvements in task execution time, the GDLAM remained weak. This may be due to the fact that the subjects investigated were elderly and sedentary, in addition to insufficient training duration. Thus, new

studies should be conducted with longer intervention periods and a younger age group than the one used in the present study.

In conclusion, the results show that engaging in sensorimotor training reduces the task execution, which is directly related to improved functional performance in activities of daily living.

### Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

### References

1. Chou CHCL, Hwang CL, Wu YT. Effect of exercise on physical function, daily living activities, and quality of life in the frail older adults: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(2):237–44.
2. Faria JC, Machala CC, Dias RC, Dias JMD. The importance of strength training programs for the rehabilitation of muscle function, equilibrium and mobility of the elderly. *Act Fisiat.* 2003;10(3):133–7.
3. Ruwer SL, Rossi AC, Simon LF. Balance in the elderly. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2005;71:298–303.
4. Verdú E, Ceballos D, Vilches JJ, Navarro X. Influence of aging on peripheral nerve function and regeneration. *J Peripher Nerv Syst.* 2000;5(4):191–208.
5. Xu E, Hong Y, Li J, Chan K. Effect of tai chi exercise on proprioception of ankle and knee joints in old people. *Br J Sports Med.* 2004;38(1):50–4.
6. Lustri WR, Morelli JGS. Biological aspects of aging. In: Rebelatto JR, Morelli JGS, editors. *Geriatric physical therapy: the practice of care of the elderly.* São Paulo: Manole; 2004.
7. Konrad HR, Girardi M, Helfert R. Balance and aging. *Laryngoscope.* 1999;109(9):1454–60.
8. Imms FJ, Edholm OG. Studies of gait and mobility in the elderly. *Age Ageing.* 1981;10:147–56.
9. Wall JC. Gait. In: Durward BR, Baer GD, Rowe PJ, editors. *Functional human movement: measurement and analysis.* São Paulo: Manole; 2001.
10. Matsudo SM, Matsudo VKR, Barros TL. Impact of aging on anthropometric, metabolic and neuromotor variables of physical fitness. *Braz J Mov Sci.* 2000;8(4):21–32.
11. Fabrício SCC, Rodrigues RAP. The elderly perceptions about changes in daily life after fall injuries. *Rev Enferm UERJ.* 2006;14(4):531–7.
12. Dantas EHM, Vale RGS. GDLAM'S protocol of functional autonomy evaluation. *Fit Perf J.* 2004;3(3):175–82.
13. Benaim C, Froger J, Compan B, Pelissier J. Évaluation de l'autonomie de la personne âgée. *Ann Readapt Med Phys.* 2005;48(6):336–40.
14. Cader S, Pereira ED, Vale RGS, Dantas EHM. Comparación de la fuerza de la musculatura inspiratoria entre mujeres mayores sedentarias y practicantes de hidrogimnasia. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* 2007;42(5):271–5.
15. Cader S, Silva EB, Vale RGS, Bacelar S, Monteiro MD, Dantas EHM. Effect of inspiratory muscles training in maximal inspiratory pressure and functional autonomy of sheltered elderly people. *Motricidade.* 2007;3(1):279–88.
16. Falkenstein IA, Cochran DE, Azen SP, Dustin L, Tammewar AM, Kozak I, et al. Comparison of visual acuity in macular degeneration patients measured with Snellen and early treatment diabetic retinopathy study charts. *Ophthalmology.* 2008;115(2):319–23.
17. Association WWM. Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. In: WMA General Assembly 59th, Seoul, October. 2008.
18. Sipilä S, Multanen J, Kallinen M, Era P, Suominen H. Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol Scand.* 1996;156(4):457–64.
19. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol.* 1994;49(2):85–94.
20. Alexander NB, Ulbrich HJ, Raheja A, Channer D. Rising from the floor in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 1997;45(5):564–9.
21. Andreotti RA, Okuma SS. Validation of a battery of activities of daily living for elderly physically independent tests. *Rev Paul Educ Fis.* 1999;13(1):46–66.
22. Rezende AAB, Silva IL, Beresford H, Batista IA. Evaluation of the effects of a sensory-motor program in gait patterns of elderly. *Fisioter Mov.* 2012;25(2):317–24.
23. Borg GAV, Noble BJ. In: Wilmore JH, editor. *Perceived exertion.* Academic Press; 1974.
24. Alencar NA, Bezerra JCP, Dantas EHM. Evaluation of the levels of physical activity, functional autonomy and quality of life of elderly women members of the family health program. *Fit Perf J.* 2009;8(5):315–21.
25. Bäckmand HM, Kaprio J, Kujala UM, Sarna S. Physical activity, mood and the functioning of daily living a longitudinal study among former elite athletes and referents in middle and old age. *Arch Gerontol Geriatr.* 2009;48(1):1–9.
26. Lyra RGS, Ramiro L, Nunes Júnior PC, Santos Filho SD. Comparison of functional autonomy of trained or not-trained elderly. *Rev Bras Fisiol Exerc.* 2010;9(1):16–23.

27. Alencar NA, Souza Júnior JV, Aragão JCB, Ferreira MAF, Dantas EH. Level of physical activity, functional autonomy and quality of life in sedentary and active elderly women. *Fisioter Mov*. 2010;23(3):473–81.
28. Rebelatto JR, Calvo JI, Orejuela JR, Portillo JC. Influence of a long-term physical activity program on hand muscle strength and body flexibility among elderly women. *Rev Bras Fisioter*. 2006;10:127–32.
29. Salminen M, Vahlberg T, Sihvonen S, Sjosten N, Piirtola M, Isoaho R, et al. Effects of risk-based multifactorial fall prevention on postural balance in the community-dwelling aged: a randomized controlled trial. *Arch Geront Geriatr*. 2009;48(1):22–7.
30. Salminen MJ, Vahlberg TJ, Salonoja MT, Aarnio PT, Kivelä SL. Effect of a risk-based multifactorial fall prevention program on the incidence of falls. *J Am Geriatr Soc*. 2009;57(4):612–9.
31. Bonnefoy M, Boutitie F, Mercier C, Gueyffier F, Carre C, Guetemme G, et al. Efficacy of a home-based intervention programme on the physical activity level and functional ability of older people using domestic services: a randomised study. *J Nutr Health Aging*. 2012;16:370–8.
32. Liu-Ambrose T, Nagamatsu LS, Hsu CH, Bolandzadeh N. Emerging concept: 'central benefit model' of exercise in falls prevention. *Br J Sports Med*. 2013;47:115–7.
33. Guimarães AC, Rocha CAQC, Gomes ALM, Cader SA, Dantas EHM. Effects of a program of physical activity on the autonomy level of elderly participants in the program of the family health. *Fit Perf*. 2008;7(1):5–9.
34. Cunha RCL, Fortes MSR, Ferreira MA, Bezerra JCP, Graup S, Nobre GC, et al. Effects of the research of hiking related the profiles of functional autonomy in elderly women supported by the family health program. *Rev Bras Geriatr Gerontol*. 2010;13(2):197–208.
35. Fraga MJ, Cader SA, Ferreira MA, Giani TS, Dantas EHM. Aerobic resistance, functional autonomy and quality of life (QoL) of elderly women impacted by a recreation and walking program. *Arch Gerontol Geriatr*. 2011;52(1):40–3.
36. Rodrigues BGS, Cader AS, Torres NVOB, Oliveira EM, Dantas EHM. Functional autonomy of elderly women practicing Pilates. *Fisioter Pesq*. 2010;17(4):300–5.
37. Gonçalves LC, Vale RGS, Barata NJF, Varejão RV, Dantas EHM. Flexibility, functional autonomy and quality of life (QoL) in elderly yoga practitioners. *Arch Gerontol Geriatr*. 2011;53(2):158–62.





ELSEVIER

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

www.elsevier.es/ramd



Original article

## Specificity of performance adaptations to a periodized judo training program

E. Franchini<sup>a,b,\*</sup>, F.B. Del Vecchio<sup>a,c</sup>, U. Ferreira Julio<sup>a</sup>, L. Matheus<sup>d</sup>, R. Candau<sup>b</sup><sup>a</sup> Martial Arts and Combat Sports Research Group – School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, Brazil<sup>b</sup> Faculty of Sports Sciences, UMR 866, University of Montpellier, France<sup>c</sup> Superior School of Physical Education, Federal University of Pelotas, Brazil<sup>d</sup> Grêmio Recreativo Barueri, Brazil

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 17 July 2013

Accepted 26 November 2013

#### Keywords:

Martial arts

Aerobic exercise

Strength exercise

### ABSTRACT

**Objective:** Judo is a combat sport characterized by high-intensity intermittent efforts. To suit high competitive demand, the training periodization should be adopted to improve judo athletes performance. Thus, the objective of the present study was to monitor the changes in different variables during judo training periodization.

**Method:** Ten male adult judo athletes were evaluated 18 weeks apart, in the beginning of preparatory period and one week before the main competition of the competitive period. During this observational study, the variables considered were: body composition, upper and lower-body anaerobic power and capacity, lower-body muscle power, upper and lower-body aerobic power, maximal and strength endurance, and judo specific performance. Paired Student's *t* test was used to compare variables across periods.

**Results:** In the end of this period, athletes presented a significant increase in upper-body anaerobic power (pre = 535 ± 74 W; post = 617 ± 81 W; 15%) and capacity (pre = 344 ± 29 W; post = 402 ± 38 W; 17%), lower-body anaerobic power (pre = 778 ± 77 W; post = 882 ± 130 W; 13%), isometric (pre = 31 ± 17 s; post = 43 ± 15 s; 39%) and dynamic grip strength endurance (pre = 7 ± 5 rep; post = 11 ± 5 rep; 57%), upper-body aerobic power (pre = 113 ± 25 W; post = 122 ± 29 W; 8%), and row 1RM (pre = 85 ± 23 kg; post = 92 ± 26 kg; 8%). The body composition, judo specific performance, handgrip strength, bench-press 1RM, row and bench-press number of repetitions at 70% 1RM, and lower-body muscle power were maintained. Athletes presented a decrease in lower-body aerobic power (pre = 235 ± 62 W; post = 209 ± 43 W; 11%).

**Conclusion:** The results of the present study indicated that the changes during a periodized judo program were specific to the match demand, although not all variables improved across this period.

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

### Especificidad de las adaptaciones de un programa periodizado de judo

#### R E S U M E N

**Objetivo:** El judo es un deporte de combate caracterizado por intervalos de esfuerzos de elevada intensidad. Para soportar la elevada demanda competitiva, la periodización del entrenamiento debe ser utilizada para mejorar el desempeño de los atletas de judo. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios, en diferentes variables, durante la periodización del entrenamiento de judo.

**Método:** Diez atletas de judo varones fueron evaluados con 18 semanas de intervalo, en el inicio del período preparatorio y una semana después de la principal competición del período competitivo. Durante este estudio observacional, las variables consideradas fueron: composición corporal, potencia y capacidad anaeróbica de miembros superiores e inferiores, potencia muscular de miembros inferiores, potencia aeróbica de miembros superiores e inferiores, fuerza máxima, resistencia de fuerza y la performance en un test específico para el judo. El test *t* de Student para datos pareados fue utilizado para comparar las variables durante el período de entrenamiento.

#### Palabras clave:

Artes marciales

Ejercicio aeróbico

Ejercicio de fuerza

\* Corresponding author.

E-mail address: emersonfranchini@hotmail.com (E. Franchini).

**Resultados:** Al final de ese período, los atletas presentaron aumento significativo en la potencia (pre = 535 ± 74 W; post = 617 ± 81 W; 15%) y en la capacidad (pre = 344 ± 29 W; post = 402 ± 38 W; 17%) anaeróbicas de miembros superiores, potencia anaeróbica de miembros inferiores (pre = 778 ± 77 W; post = 882 ± 130 W; 13%), resistencia de fuerza isométrica (pre = 31 ± 17 s; post = 43 ± 15 s; 39%) y dinámica de golpeo (pre = 7 ± 5 rep; post = 11 ± 5 rep; 57%), potencia aeróbica de miembros superiores (pre = 113 ± 25 W; post = 122 ± 29 W; 8%), y fuerza máxima de 1 RM (pre = 85 ± 23 kg; post = 92 ± 26 kg; 8%). La composición corporal, el desempeño en el test específico, la fuerza de preensión manual, la fuerza máxima en el press de banca y de 1RM, el número de repeticiones en el press de banca a 70% 1RM y la potencia muscular de miembros inferiores no experimentaron cambios. Los atletas presentaron una disminución en la potencia aeróbica de miembros inferiores (pre = 235 ± 62 W; post = 209 ± 43 W; 11%).

**Conclusión:** Los resultados indican que los cambios durante el ciclo del programa de entrenamiento de judo fueron específicos a la demanda del combate competitivo, aunque algunas variables no cambiarán en ese período.

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

## Especificidade das adaptações de desempenho aprograma periodizado de treinamento de judô

### R E S U M O

*Palavras-chave:*  
Artes marciais  
Exercício aeróbico  
Exercício de força

**Objetivo:** O judô é um esporte de combate caracterizado por esforços intermitentes de elevada intensidade. Para lidar com a demanda competitiva, a periodização do treinamento deve ser adotada para melhorar o desempenho de atletas de judô. Assim, o objetivo do presente estudo foi monitorar as mudanças em diferentes variáveis durante o treinamento periodizado de judô.

**Método:** Dez atletas de judo adultos foram avaliados com intervalo de 18 semanas, no começo do período preparatório e uma semana antes da principal competição do período competitivo. Durante esse estudo observacional, as variáveis consideradas foram: composição corporal, potência e capacidade anaeróbicas de membros superiores e inferiores, potência muscular de membros inferiores, potência aeróbica de membros superiores e inferiores, força máxima, resistência de força e desempenho específico do judô. O teste t de Student foi utilizado para comparar as variáveis entre os períodos.

**Resultados:** Ao final deste período os atletas apresentaram aumento significativo na potência (pré = 535 ± 74 W; pós = 617 ± 81 W; 15%) e capacidade anaeróbicas de membros superiores (pré = 344 ± 29 W; pós = 402 ± 38 W; 17%), potência anaeróbica de membros inferiores (pré = 778 ± 77 W; pós = 882 ± 130 W; 13%), resistência de força isométrica de pegada (pré = 31 ± 17 s; pós = 43 ± 15 s; 39%), resistência de força dinâmica de pegada (pré = 7 ± 5 rep; pós = 11 ± 5 rep; 57%), potência aeróbica de membros superiores (pré = 113 ± 25 W; pós = 122 ± 29 W; 8%) e 1RM na remada (pré = 85 ± 23 kg; pós = 92 ± 26 kg; 8%). A composição corporal, o desempenho específico ao judô, a força máxima isométrica de preensão manual, o 1RM no supino, o número de repetições a 70% de 1RM na remada e no supino e a potência muscular de membros inferiores foram mantidas. Os atletas apresentaram decréscimo na potência aeróbica de membros inferiores (pré = 235 ± 62 W; pós = 209 ± 43 W; 11%).

**Conclusão:** Os resultados do presente estudo indicam que as mudanças durante um programa periodizado de treinamento de judô foram específicas à demanda da luta, embora nem todas as variáveis tenham melhorado ao longo do período analisado.

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

## Introduction

Judo is characterized by high-intensity intermittent efforts, resulting in high physiological demand.<sup>1</sup> Judo athletes typically take part in seven to eight competitions, either regionally or internationally.<sup>2</sup> Thus, the training periodization is important to provide judo athletes a better chance to qualify in these tournaments.<sup>3-5</sup>

Previous investigations have indicated that judo athletes with higher upper-body anaerobic power and capacity, specific endurance, and lower-body muscle power present more chance of success.<sup>1,6-8</sup> When considering a typical judo match, most of the time is spent in grip disputes (*kumi-kata*), requiring high level of upper-body strength endurance, while powerful upper and lower-body actions are needed during technique application.<sup>8-12</sup> Furthermore, several authors<sup>13-15</sup> have indicated that the aerobic profile of judo athletes may be important during several situations: (a) in the final moments of a combat;

(b) when a high number of matches are performed in the same competition; and (c) during the recovery process between the matches. Therefore, variables related to upper-body anaerobic power and capacity, strength endurance, lower-body muscle power, and aerobic fitness should be specifically addressed during the training process. Additionally, as judo requires athletes to compete in different weight categories, these variables should be improved without relevant changes in body mass.<sup>16-18</sup> However, few studies presented the physiological changes in judo athletes during periodization or training phases, and most of these studies considered short periods, i.e., three to eight weeks.<sup>3-5,19-23</sup> Thus, the objective of the present study was to monitor the changes in different variables during judo training periodization. Our hypothesis was that athletes would present an increase in upper-body anaerobic power and capacity, lower-body muscle power, upper-body aerobic power, and strength endurance, while maintaining lower-body aerobic power and body composition.

Initial evaluation	General phase	Special phase		Final evaluation	
	General strength muscle hypertrophy 3 sessions/week 8-12 strength exercises Focus on the main muscle groups 4 x 8-12 repetitions 70-80% of 1RM	Specific strength development 8 weeks, 3 sessions/week Pulley machines, rowing, squat, Olympic type weightlifting movements, Wrist flexion exercise 4 x 3-5 repetitions at ~90% of 1RM at the highest speed possible	Complex training 3 weeks, 3 sessions/week Olympic weightlifting, squat and bench press exercises followed by specific judo actions (mainly throwing judo techniques).		
	<i>Randori</i> 4 times/week 60% of maximal perceived effort 6-8 combats of 5 minutes each 5 to 10 min of recovery	<i>Randori</i> 4 times/week 70-90% of maximal effort (7 to 9 in the 0-10 Borg scale) 4-6 combats (5 to 10 min of recovery)			
	Aerobic conditioning 2 sessions/week 60% of reserve heart rate	Aerobic conditioning 2 sessions/week 90-100% of reserve heart rate			
	7 weeks	11 weeks			

Fig. 1. Schematic representation of the training phases and periods of evaluation.

## Method

### Subjects

Ten male adult judo athletes ( $23 \pm 2$  years-old) volunteered for this study after reading and signing an informed consent form. All athletes were brown or black belt, competed in state level for more than 5 years and had previous experience with the tests conducted. These athletes presented no injury during the period of the study that was serious enough to result in missing a training session. As the athletes were paid by the club to train and to compete, no absence was observed during this training period. Athletes were not using any supplementation and were oriented to keep their normal nutritional habits throughout the study. This observational descriptive study was approved by the local ethics committee. For most variables a sample size of 10 athletes is large enough to detect changes in the dependent variables, with 80% confidence and error smaller than the standard deviation reported in previous studies.<sup>1,6,8</sup>

### Procedures

Before the beginning of this study, athletes took part in a 20 days judo training period, composed by technical workouts (*uchi-komi*, technique application, for 10–15 min) and *randori* (match simulation, performed during 40–60 min continuously). The athletes were evaluated 18 weeks apart, in the beginning of preparatory period and one week before the main competition of the competitive period.

The current training periodization was composed by two phases (Fig. 1). The first one, named preparatory phase and lasting seven weeks, was designed: (a) to improve general strength and promote muscle hypertrophy (3 resistance training sessions/week); (b) to develop technical skills through *randori* (4 times per week at 60% of maximal perceived effort; i.e., 6 in the 0–10 Borg scale<sup>24</sup>); (c) and to improve aerobic conditioning (2 running sessions/week at 60% of reserve heart rate; RHR). During this phase, strength training involved 8–12 strength exercises performed in 4 sets of 8–12 repetitions at 70–80% of one repetition maximum (1RM), with 1 min rest between sets.<sup>25</sup> *Randori* involved six to eight 5 min combat simulations, with short interval (1–3 min) between them.

Aerobic conditioning involved continuous running training during 40–60 min at the frequency presented above.

The special phase, lasting 11 weeks, was designed to improve specific strength, the first 8 weeks with basic resistance training exercises and the last 3 weeks with complex training (3 sessions per week). Basic specific strength was developed by using wrist flexion exercises, triceps and back pulley machines exercises, rowing, squat, Olympic-type lifts (e.g., power clean, high pull, clean and jerk, snatch), performed at high-intensity (4 sets of 3–5 repetitions at ~90% of 1RM, and at the highest speed possible, with 3 min interval between sets), while complex training involved the use of Olympic weightlifting, squat and bench press exercises, with the same protocol, but followed by specific judo actions (mainly throwing judo techniques, applied 3–5 times with different partners, 3–5 min after the maximal strength exercise). *Randori* intensity was increased to 70–90% of maximal effort (7–9 in the 0–10 Borg scale,<sup>24</sup> performed in 4–6 combats with longer interval (5–10 min) between them, using the same number of sessions per week. Aerobic training also increased its intensity (90–100% of RHR, twice a week), performed intermittently (1:1 effort:pause ratio) and in a lower volume (30 min per session).

### Measures

#### Anthropometrical measurements

After body mass and height assessment, skinfold thicknesses, bone diameter and circumference measurements were taken according to Drinkwater and Ross.<sup>26</sup> The research responsible for the assessment had a variation of less than 2% between skinfold thickness, bone diameter and circumference measurements, with high reliability (ICC = 0.98). Percent body fat was determined according to Drinkwater and Ross.<sup>26</sup>

#### Upper and lower-body Wingate tests

These tests were performed on an EB4100 and a Biotec 2100<sup>®</sup> cycle ergometer (Cefise, Brazil). Load was set at  $4.9 \text{ N kg}^{-1}$  of body mass for the upper-body Wingate test and  $8.8 \text{ N kg}^{-1}$  of body mass for the lower-body Wingate test.<sup>27</sup> Power was measured every second by a software, and the following variables were determined: mean power (average power during 30 s) and peak power (highest power during the test). This test has been widely used and its reliability has been reported<sup>28</sup> as 0.98 via ICC.

### Special judo fitness test

The Special Judo Fitness Test (SJFT) is a specific evaluation test divided in three effort periods (A = 15 s; B and C = 30 s each) with 10 s intervals between them.<sup>29</sup> Briefly, each partner was positioned 6 m apart and the participant was required to run to each partner and then throw them as many times as possible using the *ippon-seoi-nage* technique, and all involved athletes had a similar height and body mass. Just after and 1 min after the test heart rate (HR) was measured. The throws were summed and the following index was calculated (Eq. (1)):

$$\text{Index} = \frac{\text{final HR (bpm)} + \text{HR 1 min after the test (bpm)}}{\text{number of throws}} \quad (1)$$

It is important to emphasize that a higher index indicates a worse SJFT performance, and that this test has been shown to be highly reliable (ICC = 0.89 for the index).<sup>30</sup>

### Upper and lower-body aerobic power

These tests were employed to measure the participant's maximal mechanical aerobic power in upper and lower-body, conducted in a EB4100® (Cefise, Brazil) and in a Biotec 2100® (Cefise, Brazil) cycle ergometer, respectively. For the lower-body, the test started with 18 W, with subsequent increments of 30 W every minute until the participant's exhaustion. For the upper-body the test started with 18 W, with subsequent increments of 15 W every minute until the participant's exhaustion. In both conditions exhaustion was defined as the incapacity to maintain a 60 rpm cadence. In order to attain maximal values, a strong verbal encouragement was given to participants to continue as long as possible. The load achieved in each test was considered to be the athlete's maximal mechanical aerobic power.<sup>31</sup>

### Maximal and endurance strength tests

Quantifications of 1RM for straight bench-press, and rowing at 45° were carried out. All athletes were familiar with the performance of these exercises, and each athlete carried out at least three and at most five trials, with 3–5 min intervals between them. The interval between exercises was of at least 30 min. The subjects began the test with a general warm-up of five minutes. Subsequently, they performed a set of eight repetitions with the intensity at 50% of estimated 1RM load, followed by another set of three repetitions at 70% of estimated 1RM load. The attempt to establish 1RM was a lifting with progressively heavier load to volitional fatigue. For this study, the load increase was 5% as recommended before.<sup>32</sup>

Besides the absolute value, 1RM values relative to the athlete's weight were also calculated. Endurance strength tests involved the performance of the maximal number of repetitions with 70% of 1RM for each exercise.

Static grip strength was assessed for right and left hand using a Jamar™ dynamometer. For this test a low variation (less than 2%) and a high reliability (ICC = 0.97) has been observed in our laboratory.

Two *judogi* strength endurance tests were performed<sup>33</sup>: (1) isometric – while holding on *judogi* (judo uniform) rolled around the bar, with the elbow joint in maximal flexion, athletes were required to sustain this position (*judogi* isometric pulling) during the maximal possible time, measured in seconds; (2) dynamic – during this test the same grip position was applied, but athletes performed the maximal number of repetitions from a fully flexed to a fully extended elbow position. In both cases, athletes performed the exercises until voluntary failure and a minimum of 15 min rest was allowed between each test. The reliability for both tests was assessed in a previous study, which reported an intraclass correlation coefficient of 0.98 for the dynamic test<sup>34</sup> and 0.99 for the isometric version,<sup>35</sup> with limits of agreement of –0.9 to 0.3 rep in the dynamic version and –3.3 to –1.2 s for the time of suspension in the isometric test.<sup>35</sup>

### Counter movement jump performance

The counter movement jump performance was accessed through a contact mat (Jump Test, Belo Horizonte, Brazil). Athletes performed three non-consecutive jumps, with 2 min interval between trials. During each trial the athletes kept their arms crossed in front of their thorax and tried to jump as high as possible. The best result was considered in our analysis.

### Testing assessment order

The athletes performed the tests on three nonconsecutive days. In the first day athletes were measured (height, body mass, skin-fold thickness, circumferences and bone diameters) and performed handgrip test, vertical jump test, pull-up bar test in *judogi* and lower-body maximal aerobic test. The interval between handgrip, pull-up bar with *judogi* and the maximal lower-body aerobic test was 15 min. In the second day the athletes were submitted to 1RM tests, separated by 5 min intervals. After a 15 min rest they performed one lower or upper-body Wingate test and after a 30 min rest were submitted to the other Wingate test (upper or lower-body, depending on which test was performed before).<sup>27</sup> In the third day, athletes performed strength-endurance tests in the bench press and rowing, and the SJFT. In the third day a 15 min interval was given between strength-endurance tests and 30 min between them and the SJFT. All tests were performed in the afternoon, between 3 p.m. and 4 p.m. During all testing days athletes were instructed to maintain their habitual diet and not to perform any vigorous physical effort 24 h before the beginning of test assessment sessions.

### Statistical analysis

Data are presented as mean and standard deviation. Paired Student's *t* test was used to compare variables across periods. Effect sizes (Cohen's *d*) were calculated and the following scale was used for the interpretation: [trivial]: <0.2, [trivial]; 0.2–0.6, [small]; 0.6–1.2, [moderate]; 1.2–2.0, [large]; and > 2.0 [very large].<sup>36</sup> The significance level was set at 5%.

## Results

All athletes completed the training periodization as proposed. From the ending of one season to the first peak of the other season, athletes presented an increase ( $P < 0.05$ ;  $d = 0.12$ , trivial) in body mass (pre =  $82.6 \pm 17.6$  kg; post =  $84.8 \pm 18.0$  kg), but no change in body fat composition (pre =  $16.0 \pm 4.3\%$ ; post =  $16.9 \pm 4.5\%$ ).

There was an improvement ( $P < 0.05$ ) in row 1RM ( $d = 0.29$ , small), isometric chin up ( $d = 0.75$ , moderate) and in dynamic *judogi* chin up ( $d = 0.80$ , moderate) during the training cycle (Table 1).

There was no significant difference in the CMJ comparing pre ( $35.4 \pm 4.2$  cm) and post ( $34.8 \pm 4.1$  cm) measurements.

**Table 1**

Maximal isometric handgrip (kgf), one repetition maximum (1RM) in row and bench press (kg), *judogi* chin up repetitions and time of suspension (s), and number of repetitions at 70% 1RM in row and bench press exercises before and after periodization training cycle of state level male judo athletes ( $n = 10$ ).

	Before	After
Right handgrip isometric strength (kgf)	61 ± 13	60 ± 13
Left handgrip isometric strength (kgf)	54 ± 12	55 ± 10
Bench press 1RM (kg)	88 ± 24	91 ± 23
Row 1RM (kg)	85 ± 23	92 ± 26*
Bench press at 70% 1RM (rep)	10 ± 7	13 ± 5
Row at 70% 1RM (rep)	17 ± 4	13 ± 3
Isometric chin up <i>judogi</i> (s)	31 ± 17	43 ± 15*
Chin up <i>judogi</i> (rep)	7 ± 5	11 ± 5*

\* Significant difference between moments ( $p < 0.05$ ); values are mean ± standard deviation.

**Table 2**

Number of throws (during sets A, B, C, and total), heart rate after and 1 min after the Special Judo Fitness Test, and index before and after periodization training cycle of state level male judo athletes (n = 10).

	Before	After
Throws set A (15 s)	6 ± 0	6 ± 1
Throws set B (30 s)	11 ± 0	11 ± 1
Throws set C (30 s)	10 ± 1	9 ± 1
Total throws	28 ± 1	26 ± 1
Heart rate after (bpm)	197 ± 6	190 ± 8
Heart rate 1 min after (bpm)	178 ± 9	171 ± 9
Index	13.66 ± 1.04	14.03 ± 1.15

Values are mean ± standard deviation.

While lower-body maximal mechanical aerobic power decreased (pre = 235 ± 62 W; post = 209 ± 43 W;  $P < 0.05$ ;  $d = 0.50$ , moderate), maximal upper-body mechanical aerobic power increased (pre = 113 ± 25 W; post = 122 ± 29 W;  $P < 0.05$ ;  $d = 0.33$ , small) during the training cycle.

For lower-body Wingate test, only peak power increased (pre = 778 ± 77 W; post = 882 ± 130 W;  $P < 0.05$ ;  $d = 0.75$ , moderate) during the training cycle, but for upper-body Wingate test both peak (pre = 535 ± 74 W; post = 617 ± 81 W;  $P < 0.05$ ;  $d = 0.85$ , moderate) and mean power (pre = 344 ± 29 W; post = 402 ± 38 W;  $P < 0.05$ ;  $d = 1.43$ , large) increased during the training cycle.

No difference was found in any variable of the SJFT (Table 2).

## Discussion

Our initial hypothesis was confirmed concerning improvements in upper-body anaerobic power and capacity (mean and peak power increase), lower-body muscle power (peak power increase) and strength endurance (isometric and dynamic grip strength endurance improvements) and body composition maintenance, but it was not confirmed concerning lower-body mechanical aerobic power maintenance.

Concerning strength variables, the adaptation seems to be specific to the judo actions, as only row 1RM increased and it is known that judo involves many pulling actions during the combat.<sup>1</sup> Additionally, both isometric and dynamic strength endurance were improved by these athletes in a task involving the grip on the judogi, but not in non-specific strength endurance exercises (bench press and row repetitions at 70% 1RM). Recently, Marcon et al.<sup>11</sup> and Miarka et al.<sup>12</sup> reported that approximately half of the combat time is spent in gripping fighting activities and Calmet et al.<sup>9</sup> demonstrated that the grip fighting is one of the most important factors during judo matches, as the grip dominance is essential to increase the opportunities of throwing techniques execution. Thus, the specificity of adaptations was confirmed, especially because the effect size for strength endurance adaptations in these exercises were higher than for maximal strength in the only exercise involving pulling action. Additionally, an increase in the upper-body Wingate test mean power was also detected in this study. As mean power has been associated to the anaerobic capacity and the repetition of high-intensity grip disputes may be supported by this physical capacity, the improvement in mean power seems to be important to judo athletes performance enhancement,<sup>1</sup> and this was one of the few variables with large effect size, confirming the adaptation specificity.

As the match duration increases, it is supposed to increase the aerobic contribution needed to sustain the efforts made by the athletes.<sup>15,37,38</sup> Considering that the upper-body has a higher solicitation during the match due to the time spent in the grip dispute,<sup>11,12</sup> the improvement observed in upper-body aerobic power is important to provide athletes the condition to perform these repetitive muscle actions needed during the match and across the matches in a given competition.<sup>3,14,15</sup>

Judo athletes' lower-body performs powerful and short actions during the execution of the throwing techniques,<sup>39</sup> but no change was observed in the CMJ. Callister et al.<sup>40</sup> did not find any difference in the CMJ performance in judo athletes submitted to intensified training to generate overreaching and suggested that maybe the CMJ performance is not sensitive enough to changes in judo athletes lower-body muscle power. Busko and Nowak<sup>20</sup> also reported no change in the CMJ performance across different phases of training periodization in Polish national level athletes. Conversely, Fukuda et al.<sup>4</sup> observed improved jump performance in adolescent judo athletes preparing for competition. It is also important to consider that the judo techniques have longer duration (1.14 s to 1.4–1.7 s)<sup>11,39</sup> than the CMJ. Lower-body Wingate test peak power increased after this training period, which would help judo athletes to perform their high-intensity lower-body actions needed in technique application.<sup>41</sup> Kim et al.<sup>22</sup> found a significant higher lower-body Wingate test peak power in high-level judo athletes compared to university level athletes, suggesting that higher peak power values are relevant to judo performance. Furthermore, Kim et al.<sup>42</sup> also reported improvement in lower-body Wingate test peak power in athletes submitted to 8 weeks of judo training and high-intensity intermittent exercise.

In the interval among throwing technique execution (approximately 20 s)<sup>11,12</sup> the judo athlete lower-body is involved in low to moderate intensity displacements, which do not impose a high metabolic stress compared to that imposed to the upper-body.<sup>1</sup> Thus, it is probable that the decrease in lower-body aerobic power observed in our athletes does not seem to result in a concomitant decrease in performance during the matches.

Furthermore, for judo throwing techniques execution it is also necessary a powerful pulling or pushing action performed by the upper-body during the imbalance phase (*kuzushi*)<sup>43</sup> and the improvement (moderate effect size) in the upper-body Wingate test peak power is an important adaptation to achieve this action successfully.

Although the athletes presented an increase in body mass, no change was observed in body composition, probably because the absolute increase in fat tissue was countered by the increase in muscle mass.

Surprisingly, no difference was found in the SJFT performance. Although the athletes improved the lower-body Wingate peak power (associated to the anaerobic power) and upper-body Wingate mean power (associated to the anaerobic capacity), the metabolic profile of the SJFT has an important aerobic contribution (32.9 ± 3.3%)<sup>44</sup> and the lower-body aerobic power has been positively associated ( $r = 0.73$ ) to the SJFT index<sup>45</sup> and correlated ( $r = 0.79$ ) to the number of throws in the SJFT.<sup>46</sup> Thus, the combination of anaerobic profile improvement and lower-body aerobic power decrement for this group may have interacted and the performance in the SJFT did not change during this period. An improvement in the number of throws during the SJFT would be important for the judo athletes because this variable has been correlated to the number of attacks during the match ( $r = 0.68$ ).<sup>47</sup> In fact, in a shorter training period (i.e., six weeks), increase in the number of throws in the SJFT was observed.<sup>23</sup>

Two main limitations can be identified in our study: the absence of a control group submitted to a non-periodized judo training and the lack of control concerning athletes' nutritional intake. The use of control group in periodization studies is difficult, because athletes are normally submitted to some type of periodization process. Additionally, some authors consider that there would be "ethical problems with restricting a particular treatment to elite athletes" (p. 814).<sup>48</sup> Although diet was not controlled in this study, athletes were not using any supplementation and were oriented to keep their normal nutritional habits throughout the study.

In conclusion, the results of the present study indicated that the changes during a periodized judo program were specific to the match demand, although not all variables improved across this period. Body mass increased, but body composition did not change. Variables important to sustain high-intensity actions across the match (upper-body peak and mean power, isometric and dynamic grip strength endurance) increased. Additionally, row 1RM and lower-body peak power, which are relevant to power actions during throwing technique application, increased. Additionally, upper-body mechanical aerobic power, which maybe connected to endurance during the match and to recovery process of this muscle group between successive matches, also increased.

### Conflict of interest

The authors declare they have no conflict of interest.

### Acknowledgement

The first author thanks the CNPq support (236768/2012-3).

### References

- Franchini E, Del Vecchio FB, Matsushigue KA, Artioli GG. Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Med*. 2011;41:147–66.
- Julio UF, Panissa VLG, Miarka B, Takito MY, Franchini E. Home advantage in judo: a study of the world ranking list. *J Sports Sci*. 2013;31:212–8.
- Crnogorac B, Mekić A, Kajmović H. Deffects of basic preparation period at motor and functional abilities of Bosnia and Herzegovina female judokas. *Homo Sporticus*. 2010;1:17–20.
- Fukuda DH, Stout JR, Kendall KL, Smith AE, Wray ME, Hetrick RP. The effects of tournament preparation on anthropometric and sport-specific performance measures in youth judo athletes. *J Strength Cond Res*. 2013;27:331–9.
- Stojanovic M, Ostojic S, Patrick D, Milosevic Z. Physiological adaptations to 8-week precompetitive training period in elite female judokas. *Med Sport*. 2009;4:415–24.
- Borkowski L, Faff J, Starczewska-Czapowska J. Evaluation of the aerobic and anaerobic fitness in judoists from the Polish national team. *Biol Sport*. 2001;18:107–11.
- Fagerlund R, Hakkinen H. Strength profile of Finnish judoists—measurement and evaluation. *Biol Sport*. 1991;8:143–9.
- Franchini E, Takito MY, Kiss MAPDM, Sterkowicz S. Physical fitness and anthropometrical differences between elite and non-elite judo players. *Biol Sport*. 2005;22:315–28.
- Calmet M, Miarka B, Franchini E. Modeling of grasps in judo contests. *Int J Perf Analysis Sport*. 2010;10:229–40.
- Franchini E, Sterkowicz S, Meira C, Gomes FR, Tani G. Technical variation in a sample of high level judo players. *Percept Mot Skills*. 2008;106:859–69.
- Marcon G, Franchini E, Jardim JR, Barros Neto TL. Structural analysis of action and time in sports: judo. *J Quant Anal Sport*. 2010;6:1–13.
- Miarka B, Panissa VLG, Julio UF, Del Vecchio FB, Calmet M, Franchini E. A comparison of time–motion performance between age groups in judo matches. *J Sports Sci*. 2012;30:899–905.
- Franchini E, Takito MY, Nakamura FY, Matsushigue KA, Kiss MAPDM. Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *J Sports Med Phys Fitness*. 2003;43:424–31.
- Franchini E, Bertuzzi RCM, Takito MY, Kiss MAPD. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *Eur J Appl Physiol*. 2009;107:377–83.
- Gariod L, Favre-Juvin A, Novel V, Reutenauer H, Majeau H, Rossi A. Evaluation du profit energetique des judokas par spectroscopie RMN du P31. *Sci Sports*. 1995;10:201–7.
- Artioli GG, Gualano B, Franchini E, Scafliusi FB, Takesina M, Fuchs M, et al. Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:436–42.
- Brito CJ, Roas AFCM, Brito ISS, Marins JCB, Códova C, Franchini E. Methods of body-mass reduction by combat sport athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012;22:89–97.
- Franchini E, Brito C, Artioli GG. Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *J Int Soc Sports Nutr*. 2012;9:52.
- Aloui A, Chtourou H, Masmoudi L, Chaouachi A, Chamari K, Souissi N. Effects of Ramadan fasting on male judokas' performances in specific and non-specific judo tasks. *Biol Rhythm Res*. 2013;44:645–54.
- Buško K, Nowak A. Changes of maximal muscle torque and maximal power output of lower extremities in male judoists during training. *Hum Mov*. 2008;9:111–5.
- Golik-Peric D, Drapsin M, Obradovic B, Drid P. Short-term isokinetic training versus isotonic training: effects on symmetry in strength of thigh muscles. *J Hum Kinet*. 2011;30:29–35.
- Kim J, Cho HC, Jung HS, Yoon JD. Influence of performance level on anaerobic power and body composition in elite male judoists. *J Strength Cond Res*. 2011;25:1346–54.
- Sterkowicz S, Anna TK, Chwastowski M, Sterkowicz-Przybycień K, Tyka A, Klys A. The effects of training and creatine malate supplementation during preparation period on physical capacity and special fitness in judo contestants. *J Int Soc of Sports Nutr*. 2012;9:41.
- Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. United States: Human Kinetics; 1998.
- Baechle TR, Earle RW, Wathan D. Essentials of strength training and conditioning. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2008.
- Drinkwater DT, Ross WD. Anthropometric fractionation of body mass. In: Ostyn M, Beunen G, Simon J, editors. *Kinanthropometry II*. Baltimore: University Park Press; 1980. p. 177–89.
- Inbar O, Bar-Or O, Skinner JS. The Wingate anaerobic test. Champaign, IL: Human Kinetics; 1996.
- Weinstein Y, Bediz C, Dotan R, Falk B. Reliability of peak-lactate, heart rate, and plasma volume following the Wingate test. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:1456–60.
- Franchini E, Nakamura FY, Takito MY, Kiss MAPDM, Sterkowicz S. Specific fitness test developed in Brazilian judoists. *Biol Sport*. 1998;5:165–70.
- Franchini E, Vecchio FB, Sterkowicz S. A special judo fitness test classificatory table. *Arch Budo*. 2009;5:127–9.
- Pires F, Lima-Silva A, Hammond J, Franchini E, Kiss MAPD, Bertuzzi R. Aerobic profile of climbers during maximal arm test. *Int J Sports Med*. 2011;32:122–5.
- Brown LE, Weir JP. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol*. 2001;4:1–21.
- Franchini E, Huertas JR, Sterkowicz S, Carratala V, Gutierrez-Garcia C, Escobar-Molina R. Anthropometrical profile of elite Spanish judoka: comparative analysis among ages. *Arch Budo*. 2011;7:239–45.
- Franchini E, Takito MY, Bertuzzi RCM, Kiss MAPDM. Nível competitivo, tipo de recuperação e remoção do lactato após uma luta de judô. *Rev Bras Cineantropometria Desempenho Hum*. 2004;6:7–16.
- Silva BVC, Marocolo Júnior M, Simim MAM, Rezende FN, Franchini E, Mota GR. Reliability in kimono grip strength tests and comparison between elite and non-elite Brazilian Jiu-Jitsu players. *Arch Budo*. 2012;8:103–7.
- Hopkins WG. A new view of statistics. Internet society of sports science [Internet]; 2000. A scale of magnitudes for Effect Statistics [cited 2013 jun 6]. Available from: [www.sportsci.org/resource/stats/index.html](http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html)
- Ahmaidi S, Portero P, Calmet M, Lantz D, Vat W, Libert JP. Oxygen uptake and cardiorespiratory responses during selected fighting techniques in judo and kendo. *Sports Med Training Rehab*. 1999;9:129–39.
- Franchini E, Panissa VLG, Julio UF. Physiological and performance responses to intermittent uchi-komi in judo. *J Strength Cond Res*. 2013;27:1147–55.
- Blais L, Triller F, Lacouture P. Three-dimensional joint dynamics and energy expenditure during the execution of a judo throwing technique (Morote Seoi Nage). *J Sports Sci*. 2007;25:1211–20.
- Callister R, Callister RJ, Fleck SJ, Dudley GA. Physiological and performance responses to overtraining in elite judo athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22:816–24.
- Zaggelidis G, Lazaridis S. Evaluation of vertical ground reaction forces in three different judo hip throwing techniques in novice and advanced Greek judo athletes. *Med Sport*. 2012;65:29–36.
- Kim J, Lee N, Trilk J, Kim EJ, Kim SY, Lee M, et al. Effects of sprint interval training on elite judoists. *Int J Sports Med*. 2011;32:929–34.
- Sacripanti A. La revisione biomeccanica dei fondamentali del judo Kodokan del Dr Jigoro Kano. *Med Sport*. 2012;65:265–81.
- Franchini E, Sterkowicz S, Szmatlan-Gabrys U, Gabrys T, Garnys M. Energy system contributions to the Special Judo Fitness Test. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011;6:334–43.
- Sterkowicz S, Zuchowicz A, Kubica R. Levels of anaerobic and aerobic capacity indices and results for the special fitness test in judo competitors. *J Hum Kinet*. 1999;2:115–35.
- Franchini E, Nunes AV, Moraes JM, Del Vecchio FB. Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. *J Physiol Anthropol*. 2007;26:59–67.
- Franchini E, Takito MY, Bertuzzi RCM. Morphological, physiological and technical variables in high-level college judoists. *Arch Budo*. 2005;1:1–17.
- Atkinson G, Nevill A. Selected issues in the design and analysis of sport performance research. *J Sports Sci*. 2001;19:811–27.



ELSEVIER

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

www.elsevier.es/ramd



Original

## Association between body mass index and cardiorespiratory fitness as predictor of health status in schoolchildren

S.S. De Araujo<sup>a,\*</sup>, R. Miguel-dos-Santos<sup>a,b</sup>, R.J.S. Silva<sup>a,b</sup>, A.C. Cabral-de-Oliveira<sup>a,b</sup><sup>a</sup> Physiology Department, Federal University of Sergipe, Brazil<sup>b</sup> Nucleus Postgraduate in Physical Education, Federal University of Sergipe, Brazil

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 8 August 2013

Accepted 18 February 2014

#### Keywords:

Cardiorespiratory fitness

Body composition

Body mass index

Fitnessgram<sup>®</sup>

Schoolchildren

### ABSTRACT

**Objective:** Evaluate the cardiorespiratory fitness (CRF) and the body mass index (BMI) of schoolchildren according to the cutoff points established by the Fitnessgram<sup>®</sup>. Just as determine the influence of BMI on CRF in children and propose an equation for predicting VO<sub>2</sub>max from the body composition.

**Method:** The sample consisted of 288 students of basic level of public education in the city of Aracaju – Sergipe – Brazil, aged between 10 and 14 years, of these, 142 were female. To evaluate the CRF the 20-m shuttle run test was chosen. The results of the variable were classified in accordance with the criteria established by the Fitnessgram<sup>®</sup>.

**Results:** It was evidenced that the cardiorespiratory fitness on males was higher than females. Relative to BMI, there were no differences between the groups, while more than 80% of the entire sample behaved within criteria established by the Fitnessgram<sup>®</sup>. On the other hand, 57% of the female group presented VO<sub>2</sub>max below criterion. It was confirmed an inverse relationship between VO<sub>2</sub>max and BMI on children and adolescents.

**Conclusion:** The students in this study showed adequate levels of body composition and CRF below the area related to health, according to the criteria of the Fitnessgram<sup>®</sup>. The proposition of a linear regression equation to estimate VO<sub>2</sub>max without exercise pointed out an inverse relationship between both variables.

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

## Asociación entre el índice de masa corporal y la capacidad cardiorrespiratoria como predictor del estado de salud de escolares

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la aptitud cardiorrespiratoria y el índice de masa corporal (IMC) de escolares mediante los puntos de corte establecidos por la batería internacional de test Fitnessgram<sup>®</sup>. Así como determinar la influencia del IMC en la aptitud cardiorrespiratoria (CRF) en niños y proponer una ecuación de predicción del VO<sub>2</sub>máx a partir de la composición corporal.

**Método:** La muestra estuvo conformada por 288 estudiantes de nivel básico de la educación pública de la ciudad de Aracaju-Sergipe-Brasil, de edades comprendidas entre 10-14 años, de los cuales, 142 eran mujeres. Para evaluar el CRF fue utilizada la prueba de 20-m shuttle run test (PCN). Los resultados de la variable se clasificaron de acuerdo con los criterios de aplicación establecidos por el test internacional Fitnessgram<sup>®</sup>.

**Resultados:** Se evidenció que la CRF en varones fue mayor que en las mujeres. Relativo al IMC, no hubo diferencias entre los grupos, mientras que más de 80% de toda la muestra se comportó dentro de los criterios establecidos por la Fitnessgram<sup>®</sup>. Por otro lado, el 57% del grupo femenino presentó VO<sub>2</sub>máx por debajo de los niveles. Se confirmó una relación inversa entre el VO<sub>2</sub>máx y el IMC en niños y adolescentes.

**Conclusión:** Los escolares, en este estudio, mostraron niveles adecuados de composición corporal y CRF por debajo del área relacionada con la salud de acuerdo con los criterios de Fitnessgram<sup>®</sup>. La proposición de

#### Palabras clave:

Aptitud cardiorrespiratoria

Composición corporal

Índice de masa corporal

Fitnessgram<sup>®</sup>

Escolares

\* Corresponding author.

E-mail address: silvan.ssa@gmail.com (S.S. De Araujo).

una ecuación de regresión lineal, para estimar el VO<sub>2</sub>máx sin ejercicio señaló una relación inversa entre ambas variables.

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

## Associação entre índice de massa corporal e aptidão cardiorrespiratória como preditor de status de saúde em escolares

### R E S U M O

#### Palavras-chave:

Aptidão cardiorrespiratória  
Composição corporal  
Índice de massa corporal  
Fitnessgram®  
Escolares

**Objetivo:** Avaliar a aptidão cardiorrespiratória e índice de massa corporal (IMC) de escolares de acordo com os pontos de corte estabelecidos pela bateria de teste internacional Fitnessgram®. Além de determinar a influência do IMC sobre a aptidão cardiorrespiratória em crianças e propor uma equação de predição do VO<sub>2</sub>máx a partir da composição corporal.

**Método:** A amostra consistiu de 288 estudantes do ensino básico da educação pública na cidade de Aracaju (Sergipe, Brasil), com idade entre 10-14 anos, dos quais 142 eram meninas. Para avaliar a aptidão cardiorrespiratória optou-se pelo 20-m shuttle run test. Os resultados das variáveis foram classificados de acordo com os critérios estabelecidos pelo Fitnessgram®.

**Resultados:** Constatou-se que a aptidão cardiorrespiratória dos meninos foi maior do que das meninas. Com relação ao IMC, não houve diferenças entre os grupos, enquanto mais de 80% de toda a amostra se comportou dentro dos critérios estabelecidos pelo Fitnessgram®. Por outro lado, 57% do grupo feminino apresentou VO<sub>2</sub>máx abaixo dos critérios. Confirmou-se uma relação inversa entre VO<sub>2</sub>máx e o IMC em crianças e adolescentes.

**Conclusão:** Os alunos deste estudo apresentaram níveis de composição corporal adequados e de aptidão aeróbia abaixo da área relacionada à saúde, de acordo com os critérios do Fitnessgram®. A proposição de uma equação de regressão linear para estimar o VO<sub>2</sub>máx sem exercício apontou uma relação inversa entre as 2 variáveis.

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

## Introduction

The decrease in the amount of motor activity observed on children and adolescents in different socioeconomic spectra<sup>1</sup> has raised interest in the knowledge of physical fitness and health, in order to classify it from scores based on referenced criteria both nationally and internationally, which involve physical qualities able to reflect patterns of behavior and environmental.

Closely related to the health, the low levels of cardiorespiratory fitness (CFR) on childhood and adolescence are associated with an increased early death risk due to any cause, especially cardiovascular diseases.<sup>2,3</sup> So the prevention of cardiovascular diseases should begin still during the school stage, given that the adoption of healthy attitudes on that age range is perpetuated into adulthood.

In this way it is important to detect in advance, even within the school environment, children and adolescents with a predisposition to low aerobic fitness. In this sense, the development of mathematical models for predicting CRF without exercise test could be feasible in epidemiological studies<sup>4</sup> and very useful for physical education teachers.

From this perspective, the presented study aimed to evaluate the CRF and the BMI of schoolchildren of both sexes according to the cutoff points established by the Fitnessgram®, as well as determine the influence of BMI on CRF of children and propose an equation for predicting VO<sub>2</sub>max from the body composition.

## Method

### Participants

Data collection was performed in a cross-sectional mode, and the target population of this study consisted on students of both genders enrolled in eight elementary schools distributed in the urban area of Aracaju, a city located on the coast of the state of

Sergipe, Brazil. It lies between the capitals with lower socioeconomic inequalities and contributes greatly to the second highest Human Developing Index (HDI) among the states in northeastern region. The intervention took place between the months of September and November 2005, in obedience to the school calendar of the season.

To determine the surveyed schools, the city was divided into three regions: north, center and south, and by means of a draw three schools were chosen by region. Schools should have the minimum physical structure for the tests (e.g. multi-sports court). The sample, selected randomly during physical education classes, composed by 288 children (142 females) with age range between 9.50 and 14.49 years. We used the decimal age children as Ross and Marfell-Jones,<sup>5</sup> which accurately represents the interval between the date of birth and date of the test.

The present study adopted the following inclusion criteria: belong to the preset age group, attend school regularly and take part in physical education classes on the day and time scheduled. The exclusion criteria were: experience any clinical symptoms that prevented temporarily or permanently be subjected to the tests and do not agree with the terms of consent by the responsible person.

Two professionals and four physical education academics carried out tests and measurements. To avoid discrepancies between measurements, each team member performed the same activity during the intervention. Before data collection, a training program was conducted in the test battery.

### Procedures and measures

#### Anthropometric measurements

Anthropometric variables whose values are presented in Table 1, were body mass (kg) and height (m), as well as measures of skinfolds, in conformity with established standards.<sup>5</sup> The body fat percentage (BF%) was determined as proposed Lohman.<sup>6</sup> We used



**Table 1**

Descriptive profile of the sample (mean and standard deviation) for the anthropometry and cardiorespiratory fitness.

Variables	All group (n = 288)	Male (n = 142)	Female (n = 146)
Age (years)	12.2 (1.1)	12.2 (1.2)	12.1 (1.1)
Height (cm)	149.6 (10.2)	149.2 (11.1)	150.0 (9.2)
Body mass (kg)	41.6 (10.3)	41.5 (10.7)	41.8 (9.9)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	18.4 (3.0)	18.3 (2.8)	18.4 (3.2)
BF%	17.1 (8.3)	14.4 (7.9)	19.9 (7.7)*
VO <sub>2</sub> max	38.0 (3.7)	38.8 (3.8)	37.1 (3.4)*

BMI: body mass index; BF%, body fat percentage; VO<sub>2</sub>max: maximal oxygen uptake.

\*  $p < 0.05$ , statistically significant difference between male and female.

the caliper skinfold Cescorf<sup>®</sup> (CSC). The CSC presents identical design and mobility to the Harpenden model, provides a pressure of approximately 10 g/mm<sup>2</sup>, measures to an accuracy of 0.1 mm, up to a jaw width of 88 mm.<sup>7</sup> Skinfolts considered for the study were: triceps and subscapularis.

The body mass index (BMI) was calculated as the ratio of the body mass (kg) and the squared height (m<sup>2</sup>). Therefore, the cutoff points of the Fitnessgram<sup>®</sup> were used to calculate the prevalence of children and adolescents located in the recommended range and in the range of risk of overweight and obesity.

#### Cardiorespiratory fitness (CRF)

To evaluate the CRF from the maximal oxygen uptake (VO<sub>2</sub>max), we opted for the 20-m shuttle run test, according to what Léger et al.<sup>8</sup> determine. This test was chosen because of its affordable implementation and compliance with the motor tests related to health contained in the Fitnessgram<sup>®</sup> battery, created by the Cooper Institute for Aerobics Research<sup>9</sup> and because of its reliability and validity on children and adolescents has been widely documented.<sup>8,10,11</sup> VO<sub>2</sub>max was calculated by the following equation, that covers the age range of this study. An  $r$  value of 0.71 was obtained:

$$y = 31.025 + 3.238x_1 - 3.248x_2 + 0.1536x_1x_2, \text{ where:}$$

$$y = \text{VO}_2\text{max (ml/kg/min)}$$

$$x_1 = \text{maximal speed attained (km/h)}$$

$$x_2 = \text{age (y)}$$

#### Fitnessgram<sup>®</sup> criteria

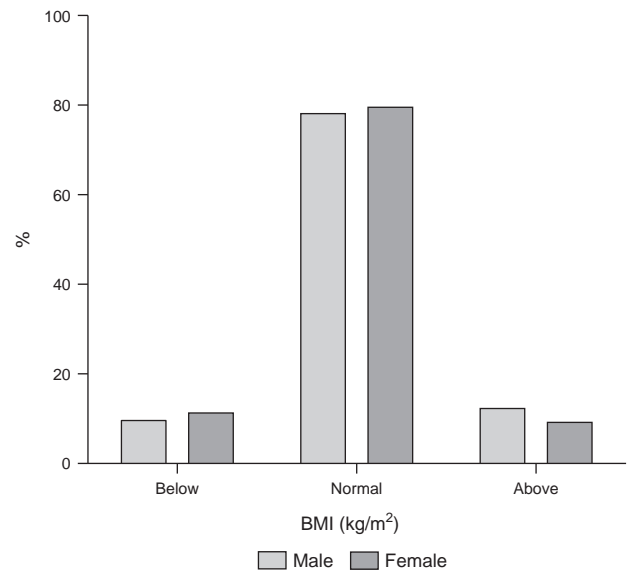
To classify the performance level regarding the criteria established by the Fitnessgram<sup>®</sup> (VO<sub>2</sub>max: male 37.4–42.4, female 37.4–39.3; BMI: male 14.5–23.0, female 14.3–23.6),<sup>9</sup> the results were categorized in three performance levels, “below”, “normal” and “above”. The following cutoff points were posted by Cooper Institute for Aerobics Research in 2013.

#### Ethics in research

This study was conducted after the approval of the Municipal Education and according to the laws in force and in compliance with the Guidelines and Standards for Research Involving Humans, it was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Sergipe under registration 1138.0.000.107-06.

#### Statistical analysis

Descriptive statistics was used as first step to data analysis. A  $t$ -test for independent samples was chosen to compare means and the Chi-squared test was used to compare proportions. The relationship between VO<sub>2</sub>max and BMI was verified using the Pearson linear correlation and the linear regression analysis. Level of significance was set at  $p < 0.05$ . The results were analysed by using GraphPadPrism 5 or SPSS software when necessary.



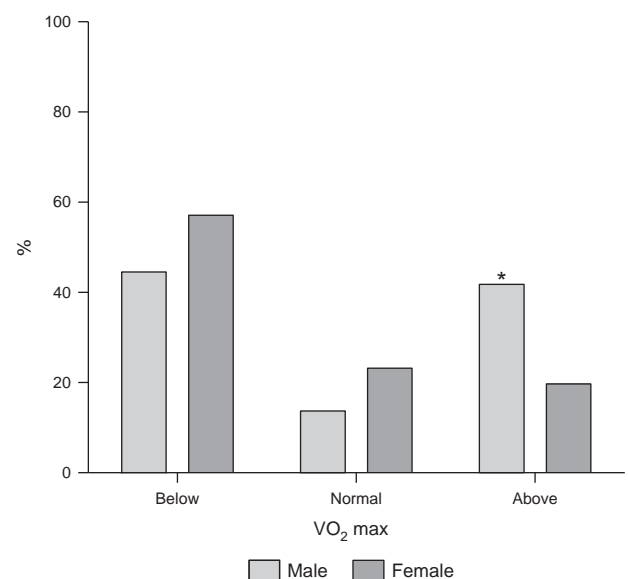
**Fig. 1.** Relative values by sex, following the Fitnessgram cutoffs established for the Body Mass Index, BMI (kg/m<sup>2</sup>).

#### Results

The results of anthropometric variables observed in Table 1 were similar when comparing both sexes, regarding age, height, body mass (BM) and BMI. In terms of percentage of body fat, females had higher values ( $t = 6.049$ ,  $p < 0.0001$ ), and the boys showed higher values for maximum oxygen consumption ( $t = -4.106$ ,  $p < 0.0001$ ).

Regarding the behavior of BMI in both sexes (Fig. 1), it may be noted no differences based on established criteria. Considering the cutoff points for the Fitnessgram<sup>®</sup>, 9.2% of girls were classified as “below”, 80.3% “normal,” and 10.5% “above”, the values considered in the same way for males were respectively, 8.2%, 79.5% and 12.3%.

In relation to VO<sub>2</sub>max (Fig. 2), the percentage of boys classified as ‘above’, according to the cutoffs of the Fitnessgram<sup>®</sup>, was higher (41.8%) than the percentage of girls (19.7%). No statistically significant difference was found between girls and boys in the other



**Fig. 2.** Relative values by sex, following the Fitnessgram cutoffs established for the VO<sub>2</sub>max (ml kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>). \* $p < 0.05$ : statistically significant difference between male and female; %: percentage; VO<sub>2</sub>max: maximal oxygen uptake.

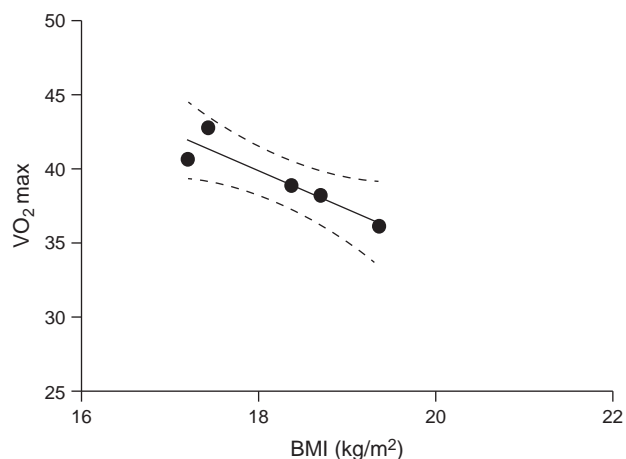


Fig. 3. Simple linear regression curve for the relationship between BMI and  $VO_2\max$  in males ( $R^2 = 0.850$ ).  $VO_2\max$ : maximal oxygen uptake; BMI: body mass index.

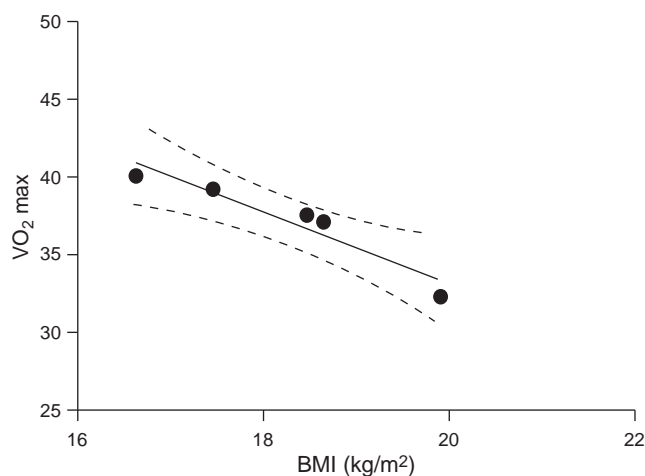


Fig. 4. Simple linear regression curve for the relationship between BMI and  $VO_2\max$  in females ( $R^2 = 0.907$ ).  $VO_2\max$ : maximal oxygen uptake; BMI: body mass index.

classifications. The percentage of boys and girls classified as 'below' were 44.5% and 57.1%, respectively. The percentage of boys and girls classified as 'normal' were 13.7% and 23.2%, respectively.

Both Figs. 3 and 4 show the correlation between the two variables, as well as the influence of the independent variable, BMI exerts on the dependent,  $VO_2\max$ , by determining the simple linear regression and the  $R^2$  value. This behavior was evaluated in both sexes and as many girls ( $R^2 = 0.907$ ) as boys ( $R^2 = 0.850$ ) presented strong correlation.

Analyzing Table 2, it was found in the study group a strong relationship in both sexes between the dependent and independent variables.

Table 2

Simple linear regression analysis to determine  $VO_2\max$  based on BMI.

	Pearson	$R^2$	$p$
Male $VO_2\max = -2.59(\text{BMI}) + 86.57$	-0.922	0.850	0.026
Female $VO_2\max = -0.39(\text{BMI}) + 32.86$	-0.953	0.907	0.012

Linear regression;  $VO_2\max$ : maximal oxygen uptake; BMI: body mass index.

## Discussion

The present study aimed to evaluate the cardiorespiratory fitness and the BMI of schoolchildren of both sexes according to the cutoff points established by the Fitnessgram<sup>®</sup>, as well as determine the influence of BMI on CRF of children and propose an equation for predicting  $VO_2\max$  from the body composition.

There was a low compliance to the Fitnessgram<sup>®</sup> criteria associated with risk of obesity (Fig. 1). These results were better than those found by Bergmann et al.,<sup>12</sup> in a study with students of 13–14 years old in the city of Canoas (Rio Grande do Sul, Brazil). In that occasion the authors detected 19% of boys and 15% of girls outside the health criteria recommended by Projeto Esporte Brasil (PROESP-BR). This may be attributed to the changes and differences in lifestyles of each region or country.<sup>13</sup>

In relation to other national studies, such as Hobold and Hübner<sup>14</sup> with students of 10–14 years old, the BMI behaved as 'below', for both female and male from the city of Marechal Cândido Rondon (Paraná, Brazil). Ronque et al.<sup>15</sup> in adolescents aged 10–15 years old from the city of Londrina (Paraná, Brazil), obtained higher BMI values than the present study, in individuals with low and high cardiorespiratory fitness based on the criteria of the Fitnessgram<sup>®</sup>. However, the sample here studied remained above the schoolchildren from the Vale do Cotinguiba (Sergipe, Brazil) studied by Petroski et al.<sup>16</sup> Although with respect to Spanish 7–12 years old school children from Aragón, have shown to be equivalent.<sup>17</sup>

The investigation of morphological parameters becomes more relevant when detects possibilities of body fat accumulation, the emergence of chronic diseases and cardiovascular diseases. Malina and Bouchard<sup>18</sup> emphasized that the female acquires greater gains of fat mass than boys from late childhood to late adolescence.

In this sense, the BF% (Table 1) of both groups were higher than those obtained by Dellagrana et al.<sup>19</sup> and Hobold and Hübner.<sup>14</sup> In this perspective, Lloyd et al.<sup>20</sup> in students aged 10–12 years old from Texas – USA, found a BF% of 14.3 in males, at the same level of this study, although the female showed 8.5%, a value very below the results of this study. Despite variations, these results put the sample of this study far from risk of overweight and obesity according Fitnessgram<sup>®</sup> criteria.<sup>21</sup> This evidence was corroborated by the parameters of the BMI (Fig. 1), which also report levels below normal.

Several studies<sup>22–25</sup> over the past decade have reported the trend towards a minor cardiorespiratory fitness on female school students compared to their male counterparts. This phenomenon can be explained by sudden changes in body composition during puberty, particularly fat mass for girls.<sup>18</sup> In addition to this, LaMonte et al.<sup>26</sup> obtained that the maximal oxygen consumption is inversely proportional to BMI, in addition to other serum lipid parameters.

It was evidenced that the CRF of males was higher than females, while for the BMI, there were no differences between the groups. While most of the group remained in the normal range for BMI (79.9%), it drew attention to the high prevalence of the entire sample (50.8%) with poor performance for  $VO_2\max$ , particularly with respect to the female group, which 57.1% of them did not fit the health criteria adopted by Fitnessgram<sup>®</sup>. Furthermore, we proved the hypothesis of an inverse relationship between  $VO_2\max$  and BMI, in children and adolescents, a crucial period of life to develop these physical qualities.<sup>27</sup>

Because it is an important functional aspect, which if neglected in childhood and adolescence leads to extreme damage to health in adulthood, the result of this study on CRF requires specific attention by the government and educational authorities. It is well known the secular trend in the decline of this physical quality by several factors, including increased time spent in sedentary behaviors, like a high rate of exposure to television.<sup>28</sup>

This transition to sedentary lifestyle and its effects are strengthened by the phenomenon of urbanization of the society, as reported Chillón et al.,<sup>29</sup> who studied Spanish schoolchildren from antagonistic geographic areas, rural and urban, where lower levels of  $\text{VO}_2\text{max}$  were found in the urban school children compared to their rural peers. Data from two cross-sectional studies in adolescents of 12.5–17.5 years old from Zaragoza (Spain) revealed an increase in CRF over 5 years.<sup>30</sup> According to the authors, these data follow the opposite to the consistent decrease in cardiorespiratory fitness identified by studies around 27 countries and five geographic regions around the world.

The fact that the data from this study are aligned with the global trend is worrying, because low levels of this variable are related to risk of cardiovascular diseases, which begin in childhood and progress silently until adulthood, and are associated with a high number of deaths in some populations.<sup>22,31,32</sup> The low performance of students from Aracaju (present study) on 20 m shuttle-run test – only one boy for every ten (13.7% and one girl for every five (23.2%) met the cutoff points proposed by Fitnessgram® – contrasts with the results obtained by Guedes et al.,<sup>33</sup> who found that about 50% on both boys and girls, reached health criteria. According to the authors, these results are not optimistic, especially because they observed a decline in proportion when increasing age, especially in physical tests that involve large muscle groups.

Usually, girls tend to be more affected by the advancement of puberty, as was also seen in Rodrigues et al.,<sup>34</sup> who found an increase in aerobic power in men, from 43.5 to 49.5 ml/kg/min. However, similar to the present study, it was observed a decrease in values from 38.3 to 36.8 ml/kg/min on female, within the age range studied. In turn, 46.0% of students in Canoas (Rio Grande do Sul, Brazil)<sup>12</sup> reached the zone of normality. Both studies corroborate the performance reached by the students from the present sample.

The development of estimative equations of CRF without exercise might be a low-cost alternative to apply in the studies that involve large quantities of subjects, furthermore, it might provide a rapid diagnostic of the current status, mainly in physical education classes or before training program. However, these tools must be used carefully if the purpose is to predict more accurately  $\text{VO}_2\text{max}$  in patients or athletes.<sup>35</sup>

In the present study it was also possible to identify how BMI exerted influence on  $\text{VO}_2\text{max}$  values in males ( $R^2 = 0.850$ ) and females ( $R^2 = 0.907$ ). This evidence was also observed in Marques-Vidal and Dias<sup>36</sup>, who studied children in the same age than the present study, Monyeki et al.,<sup>37</sup> in 14-year-old adolescents, Castro-Piñeiro et al.,<sup>38</sup> in 6- to 17-year-old children and adolescents, Arruda et al.,<sup>39</sup> in children and adolescents participating in a sports project, and Botelho et al.,<sup>40</sup> in which the higher the BMI, the lower the cardiorespiratory fitness and physical fitness in general.

It should be emphasized the study of Aires et al.,<sup>41</sup> who evaluated 11- to 18-year-old boys and girls from Portugal. The authors obtained that the students in the range of overweight and obesity had lower levels of CRF, thereby confirming a negative correlation between high fat and  $\text{VO}_2\text{max}$ , furthermore reaffirming that a sedentary lifestyle is a strong predictor of heart disease.

Although cross-sectional studies and the scores of field tests show relative limitation as to its reproducibility, as highlighted in the literature,<sup>42</sup> they have been widely adopted as benchmarks for health-related physical fitness. Just as the Fitnessgram® tests battery, benchmarks such as Cole et al.<sup>43</sup> and World Health Organization (WHO)<sup>44</sup> play a key role, though Khadilkar et al.<sup>13</sup> have emphasized the possible constraints in the adoption of their cutoff points due to the anthropometric changes in population over time and the hindering of the categorization of children and adolescents.

The findings of this study were explained to the managers of the Municipal Education from the city of Aracaju, in order to alert them

of the need of the development of public policy towards the adoption of regular physical activities within the school community.

In conclusion, the data of the present study showed that CRF of boys was higher than the girls and there were no differences with respect to BMI. On the other hand, the BF% of the girls showed higher levels. On both sexes there were a minimal prevalence of schoolchildren at risk of overweight and obesity, according to the criteria proposed by Fitnessgram®. Relative to CRF, a high prevalence on both sexes behaved below the area related to health. The linear regression to estimate  $\text{VO}_2\text{max}$  from BMI met expectations for studies on a population scale and confirmed an inverse relationship between both variables, which highlights the need of associate the parameters of physical fitness and health for an early diagnostic of exposure to physical inactivity, obesity and other cardiovascular risk factors.

### Conflict of interest

The author declare not have conflict of interest.

### References

- Silva DAS, Petroski EL, Gaya ACA. Anthropometric and physical fitness differences among Brazilian adolescents who practice different team court sports. *J Hum Kinet*. 2013;36:77–86.
- Erlandson MC, Sherar LB, Mosewich AD, Kowalski KC, Bailey DA, Baxter-Jones ADG. Does the control for biological maturity improve physical activity tracking? *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:800–7.
- Belli KC, Calegari C, Richter CM, Klafke JZ, Stein R, Viecili PRN. Aptidão cardiorespiratória de uma amostra regional brasileira distribuída em diferentes tabelas. *Arq Bras Cardiol*. 2012;99:811–7.
- Maranhão Neto GA, De Leon AP, Lira VA, Farinatti PTV. Assessment of cardiorespiratory fitness without exercise in elderly men with chronic cardiovascular and metabolic diseases. *J Aging Res*. 2012;2012:1–6.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Cineantropometria. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. *Evaluación fisiológica del deportista*. 3ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2005. p. 277–377.
- Lohman TG. The use of skin fold to estimate body fatness on children and youth. *J Phys Educ Recreat Dance*. 1987;58:98–102.
- Cyrino ES, Okano AH, Glaner MF, Romanzini M, Gobbo LA, Makoski A, et al. Impact of the use of different skin fold calipers for the analysis of the body composition. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9:150–3.
- Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20-m shuttle run test for aerobic fitness. *J Sport Sci*. 1988;6:93–101.
- Cooper Institute for Aerobics Research. The prudential FITNESSGRAM test administration manual. Champaign: Human Kinetics Books; 1999.
- Liu N, Plowman S, Looney M. The reliability and validity of the 20 m shuttle test in American students 12–15 years old. *Res Q Exerc Sport*. 1992;63:360–5.
- Duarte MFS, Duarte CR. Validade do teste aeróbio de corrida de vai-e-vem de 20 metros. *Rev Bras Ciên e Mov*. 2001;9:07–14.
- Bergmann MLA, Halpern R, Bergmann GG. Perfil lipídico, de aptidão cardiorespiratória e de composição corporal de uma amostra de escolares da 8ª série de Canoas/RS. *Rev Bras Med Esporte*. 2008;14:22–7.
- Khadilkar VV, Khadilkar AV, Cole TJ, Chipplonkar SA, Pandit D. Overweight and obesity prevalence and body mass index trends in Indian children. *Int J Pediatr Obes*. 2011;6:216–24.
- Hobold E, Hübner WT. Análise de aspectos morfológicos e funcionais relacionados à saúde dos alunos do projeto “Futuro do judô: iniciação e alto nível através do esporte social”. *Revista Varia Scientia*. 2009;09:11–25.
- Ronque ERV, Cyrino ES, Mortatti AL, Moreira A, Avelar A, Carvalho FO, et al. Relação entre aptidão cardiorespiratória e indicadores de adiposidade corporal em adolescentes. *Rev Paul Pediatr*. 2010;28:296–302.
- Petroski EL, Silva RJS, Pelegrini A. Crescimento físico e estado nutricional de crianças e adolescentes da região de Cotuiçuba, Sergipe. *Rev Paul Pediatr*. 2008;26:206–11.
- Ara I, Moreno LA, Leiva MT, Gutin B, Casajus JA. Adiposity, physical activity, and physical fitness among children from Aragón, Spain. *Obesity*. 2007;15:1918–24.
- Malina RM, Bouchard C. *Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação*. São Paulo: Roca; 2002.
- Dellagrana RA, Smolarek AC, Laaf EF, Campos W. Estado nutricional e desempenho motor de crianças praticantes de handebol. *Fit Perf J*. 2010;9:72–7.
- Lloyd LK, Bishop PA, Walker JL, Sharp KR, Richardson MT. The influence of body size and composition on FITNESSGRAM® test performance and the adjustment of FITNESSGRAM® test scores for skinfold thickness in youth. *Meas Phys Educ Exerc Sci*. 2003;7:205–26.
- Short FX, Winnick JP. Test items and standards related to body composition on the Brocicport Physical Fitness Test. *Adapt Phys Act Q*. 2005;22:356–70.

22. Paludo AC, Fernandes RA, Blasquez G, Zambrin LF, Serassuelo Junior H. Concordância entre duas classificações para a aptidão cardiopulmonar em crianças. *Rev Paul Pediatr*. 2012;30:404-8.
23. Bergmann GG, Araújo MLB, Garlipp DC, Lorenzi TDC, Gaya A. Alteração anual no crescimento e na aptidão física relacionada à saúde de escolares. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2005;7:55-61.
24. Winsley RJ, Fulford J, Roberts AC, Welsman JR, Armstrong N. Sex difference in peak oxygen uptake in prepubertal children. *J Sci Med Sport*. 2009;12:647-51.
25. Chillón P, Ortega FB, Ruiz JR, De Bourdeaudhuij I, Martínez-Gómez D, Vicente-Rodríguez G, et al. Active commuting and physical activity in adolescents from Europe: results from the HELENA study. *Pediatr Exerc Sci*. 2011;23:207-17.
26. LaMonte MJ, Barlow CE, Jurca R, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women. *Circulation*. 2005;112:505-12.
27. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, González-Grossa M, Wärnberg J, et al. Bajo nivel de forma física en los adolescentes españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura (Estudio AVENA). *Rev Esp Cardiol*. 2005;58:898-909.
28. Aggio D, Ogunleye AA, Voss C, Sandercock GR. Temporal relationships between screen-time and physical activity with cardiorespiratory fitness in English schoolchildren: a 2-year longitudinal study. *Prev Med*. 2012;55:37-9.
29. Chillón P, Ortega FB, Ferrando JA, Casajus JA. Physical fitness in rural and urban children and adolescents from Spain. *J Sci Med Sport*. 2011;14:417-23.
30. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, Jiménez-Pavón D, Vicente-Rodríguez G, Rey-López JP, et al. Secular trends in health-related physical fitness in Spanish adolescents: the AVENA and HELENA Studies. *J Sci Med Sport*. 2010;13:584-8.
31. Franchi KMB, Montenegro RM Jr. Atividade física: uma necessidade para a boa saúde na terceira idade. *Rev Bras Promoç Saúde*. 2005;18:152-6.
32. Lee DC, Sui X, Artero EG, Lee IM, Church TS, McAuley PA, et al. Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men. *Circulation*. 2011;124:2483-90.
33. Guedes DP, Miranda Neto JT, Germano JM, Lopes V, Silva AJRM. Health-related physical fitness of schoolchildren: the Fitnessgram program. *Rev Bras Med Esporte*. 2012;18:72-6.
34. Rodrigues AN, Perez AJP, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. Valores de consumo máximo de oxigênio determinados pelo teste cardiopulmonar em adolescentes: uma proposta de classificação. *J Pediatr*. 2006;82:426-30.
35. Cáceres JMS, Ulbrich AZ, Panigas TF, Benetti M. A non-exercise prediction model for estimation of cardiorespiratory fitness in adults. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2012;14:287-95.
36. Marques-Vidal P, Dias CM. Trends in overweight and obesity in Portugal: the National Health Surveys 1995-96 and 1998-99. *Obes Res*. 2005;13:1141-5.
37. Monyeki MA, Neetens R, Moss SJ, Twisk J. The relationship between body composition and physical fitness in 14 year old adolescents residing within the Tlokwe local municipality, South Africa. The PAHL study. *BMC Public Health*. 2012;12:374-81.
38. Castro-Piñeiro J, Ortega FB, Keating XD, González-Montesinos JL, Sjöström M, Ruiz JR. Percentile values for aerobic performance running/walking field tests in children aged 6-17 years: influence of weight status. *Nutr Hosp*. 2011;26:572-8.
39. Arruda GA, Fernandes RA, Christóforo DGD, Oliveira AR. Relação entre idade cronológica, indicadores de adiposidade corporal e aptidão física relacionada à saúde em meninos e meninas. *Rev Andal Med Deporte*. 2013;6:24-9.
40. Botelho G, Aguiar M, Abrantes C. How critical is the effect of body mass index in physical fitness and physical activity performance in adolescents. *J Phys Educ Sport*. 2013;13:19-26.
41. Aires L, Silva P, Silva G, Santos MP, Ribeiro JC, Mota J. Intensity of physical activity, cardiorespiratory fitness, and body mass index in youth. *J Phys Act Health*. 2010;7:54-9.
42. Guedes DP, Guedes JERP. Manual prático para avaliação em educação física. São Paulo: Manole; 2006.
43. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Br Med J*. 2000;320:1-6.
44. World Health Organization (WHO). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. WHO technical report series 894. Geneva: World Health Organization; 2000.



ELSEVIER

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

www.elsevier.es/ramd



Revisión

## Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones



F.J. Vera-García\*, D. Barbado, V. Moreno-Pérez, S. Hernández-Sánchez, C. Juan-Recio y J.L.L. Elvira

Centro de Investigación del Deporte, Departamento Psicología de la Salud, Universidad Miguel Hernández, Elche, Alicante, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

**Historia del artículo:**

Recibido el 25 de septiembre de 2013

Aceptado el 20 de febrero de 2014

**Palabras clave:**

Tronco

Estabilidad articular

Rendimiento deportivo

Síndrome de dolor lumbar

**Keywords:**

Trunk

Joint stability

Sport performance

Low back pain

**Palavras-chave:**

Tronco

Estabilidade articular

Rendimento desportivo

Síndrome da dor lombar

### R E S U M E N

En este trabajo presentamos una revisión de la literatura científica sobre la estabilidad de la zona central del cuerpo (*core stability*) con el objeto de clarificar el significado de este concepto y su relación con el rendimiento y las lesiones deportivas. Los resultados de la revisión indican que el uso del término *core stability* es ambiguo, existiendo una gran confusión terminológica tanto en la literatura científica como en el ámbito profesional. Diversos estudios biomecánicos y epidemiológicos sugieren que el déficit en el control neuromuscular de la *core stability* está relacionado con el síndrome de dolor lumbar y lesiones de los miembros inferiores. Sin embargo, a pesar de que los ejercicios de *core stability* son elementos habituales dentro de los programas de entrenamiento deportivo, no existen evidencias suficientes para establecer una relación clara entre la práctica de estos ejercicios y la mejora del rendimiento en el deporte.

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

### «Core stability». Concept and contributions to training and injury prevention

#### A B S T R A C T

In this work we present a scientific literature review on *core stability* with the aim of clarifying the meaning of this concept and its relation with sport performance and injury. The results of this review show that the use of the term *core stability* is ambiguous, as there is a great terminological confusion in both scientific literature and professional fields. Several biomechanical and epidemiological studies suggest that the neuromuscular control deficit of *core stability* is related to low back pain and lower limb injuries. Nevertheless, despite the fact that *core stability* exercises are key elements in sport training programs, there is not enough evidence to establish a clear relation between the practice of these exercises and the improvement in sport performance.

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

### «Core stability». Conceito e contribuições no treinamento e a prevenção de lesões

#### R E S U M O

Neste trabalho apresentamos uma revisão da literatura científica sobre a estabilidade da zona central do corpo (*core stability*), com o objetivo de esclarecer o significado do conceito e sua relação com o rendimento e lesões desportivas. Os resultados desta revisão indicam que o uso do termo *core stability* é ambíguo, existindo uma grande confusão terminológica tanto na literatura científica como no âmbito

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fvera@umh.es (F.J. Vera-García).

profissional. Diversos estudos biomecânicos e epidemiológicos sugerem que o déficit no controle neuromuscular da *core stability* está relacionado com a síndrome da dor lombar e lesões dos membros inferiores. No entanto, apesar dos exercícios de *core stability* serem elementos habituais dentro dos programas de treinamento desportivo, não existem evidências suficientes para estabelecer uma relação clara entre a prática dos exercícios e a melhora do rendimento no esporte.

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

## Introducción

*Core* no es un concepto descrito en los tratados clásicos de anatomía, sino un concepto funcional utilizado habitualmente para referirse de forma conjunta a las estructuras musculares y osteoarticulares de la parte central del cuerpo, sobre todo, del raquis lumbo-dorsal, la pelvis y las caderas<sup>1,2</sup>. Este concepto se ha utilizado especialmente en el ámbito deportivo, ya que las estructuras referidas participan conjuntamente en el mantenimiento de la estabilidad del tronco y en la generación y transferencia de fuerzas desde la parte central del cuerpo hacia las extremidades en actividades tan diversas como correr, lanzar o golpear<sup>1</sup>, siendo el centro de las cadenas cinéticas que participan en estas acciones<sup>3</sup>.

*Core stability* o estabilidad de la zona central del cuerpo es un concepto que está muy de moda sobre todo en el fitness, en el entrenamiento y en la medicina del deporte, ya que ha sido señalado como uno de los factores clave para la prevención y tratamiento del síndrome de dolor lumbar<sup>4-6</sup>, así como un factor destacado en la prevención de lesiones en los miembros inferiores<sup>1,3,6</sup>. Aunque ambas aplicaciones son relevantes, destaca especialmente su posible rol en la prevención y tratamiento del síndrome de dolor lumbar, ya que este tiene una alta prevalencia y es una de las causas principales de los elevados costes sociosanitarios de las sociedades industrializadas<sup>7-9</sup>. Así, por ejemplo, según la Encuesta Nacional de Salud de España, correspondiente a los años 2011/12, la prevalencia de este síndrome en la población española mayor de 16 años es del 18,61%.

Sin embargo, a pesar de que entrenadores, preparadores físicos y monitores de fitness reconocen la utilidad e importancia de la *core stability* para la mejora funcional y el desarrollo de los deportistas, son pocos los estudios que han analizado la relación entre el desarrollo de la estabilidad del *core* y la mejora del rendimiento deportivo<sup>10</sup>. Además, el uso del término *core stability* es ambiguo, existiendo cierto debate sobre su correcto significado tanto en la literatura científica como en el ámbito profesional<sup>3,11</sup>.

En este trabajo presentamos una revisión de la literatura científica más relevante sobre *core stability* con el objeto de clarificar el significado de este concepto y su relación con el rendimiento y la patología.

## Método

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos *PubMed*, *Scopus* y *SportDiscus*, utilizando los términos *core stability*, *trunk stability*, *spine stability* y *neuromuscular control*, así como su combinación con los términos *performance*, *strength*, *injury* y/o *low back pain*. Los filtros empleados fueron: abstract disponible y fecha de publicación 1990-2013. Tras la revisión de los resúmenes obtenidos se eliminaron aquellos trabajos duplicados entre bases de datos y los que no abordaban aspectos específicos sobre la evaluación y/o entrenamiento de la estabilidad del *core* (tabla 1). Aunque se utilizaron también algunos libros de autores relevantes en la temática, este artículo se centra sobre todo en la revisión de trabajos publicados desde enero de 1990 hasta julio de 2013 en revistas indexadas

en el *Journal Citation Reports* del *ISI Web of Knowledge* (Thomson Reuters Corporation).

## Resultados

En la tabla 1 se presentan los resultados principales de la búsqueda bibliográfica. Tras el análisis y revisión de los artículos encontrados, así como de algunos textos básicos sobre biomecánica del raquis<sup>4,12</sup> la información se estructuró en 2 apartados principales que presentamos a continuación: a) concepto de *core stability*; y b) relación entre *core stability*, prevención de lesiones y rendimiento deportivo.

### Concepto de *core stability*

Existen diferentes definiciones en la literatura científica de *core stability*, así como de conceptos similares, tales como estabilidad del tronco o estabilidad del raquis, que a menudo se utilizan como sinónimos.

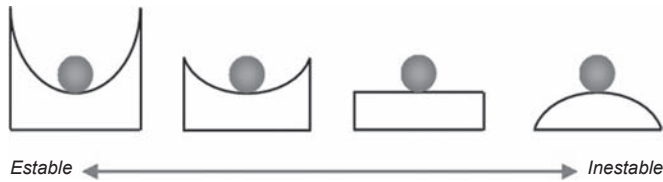
#### *Conceptos de estabilidad raquídea desarrollados en biomecánica e ingeniería*

En mecánica, los conceptos de equilibrio y estabilidad están muy relacionados. Un cuerpo está en equilibrio cuando la suma de todas las fuerzas y momentos de fuerzas que actúan sobre él es igual a cero<sup>13,14</sup>. Por otro lado, la estabilidad de un cuerpo hace referencia a la capacidad de este para mantener su estado de equilibrio ante las fuerzas (internas o externas) a las que se ve sometido<sup>14</sup>.

Una de las definiciones más clásicas de estabilidad raquídea utilizadas en biomecánica e ingeniería es la desarrollada por Bergmark<sup>13</sup>, quien formuló y relacionó matemáticamente los conceptos de energía, rigidez y estabilidad en relación con la columna vertebral. Según Bergmark<sup>13</sup>, la estabilidad raquídea es la habilidad del raquis para mantener su estado de equilibrio cuando es sometido a fuerzas perturbadoras o desequilibrantes. Si analizamos la

**Tabla 1**  
Resumen de la estrategia de búsqueda y resultados en las bases de datos consultadas

Estrategia de búsqueda	Bases de datos	Resultados
#1 (((((((core stability OR trunk stability OR spinal stability))) AND (low back pain OR strength OR injury OR performance))) AND (neuromuscular control)))))) Filter #1 to Abstract available; Publication date from 1990/01/01 to 2013/07/31	<i>PubMed</i>	73
	<i>Scopus</i>	65
	<i>SportDiscus</i>	69
	Excluidos tras revisión: -Duplicados (120) -Por título/abstract (19)	139
	<i>Total</i>	68

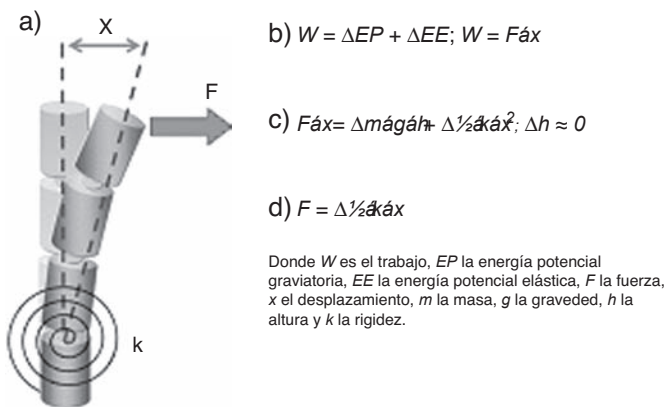


**Figura 1.** Continuum de estabilidad mecánica en un sistema simple formado por una bola apoyada en una superficie. La imagen de la izquierda muestra la situación de mayor estabilidad, ya que la fuerza que hay que aplicarle (o la energía que hay que utilizar) para cambiar su estado es mayor que en el resto de casos.

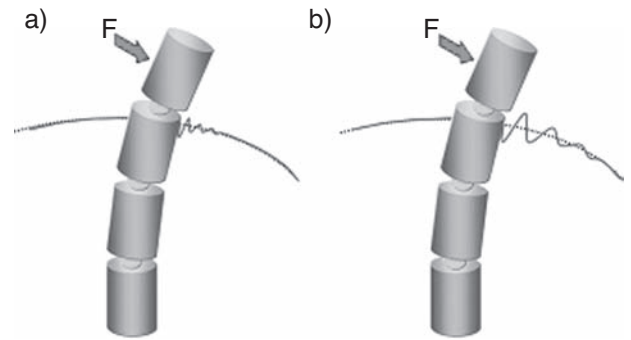
estabilidad de cuerpos o estructuras más simples como los presentados en la figura 1, un cuerpo está más estable cuanto mayor es la fuerza o energía necesaria para cambiar su estado. Debemos tener en cuenta que la estabilidad mecánica en sí misma ni es buena ni es mala, ya que «solo» representa el grado de resistencia del cuerpo a modificar su estado de equilibrio. Así, un cuerpo puede estar muy estable, en términos mecánicos, en un estado que clínicamente es perjudicial, siendo muy difícil modificar su estado para llevarlo a una situación más beneficiosa.

Partiendo de las bases teóricas y matemáticas desarrolladas por Bergmark<sup>13</sup>, Cholewicki y McGill<sup>15</sup> fundamentaron su concepto de estabilidad raquídea a partir del concepto de energía potencial. En el sistema musculoesquelético la energía potencial representa principalmente la energía elástica almacenada durante la deformación  $x$  de una estructura de rigidez  $k$  (fig. 2). En términos mecánicos, cuando el sistema está sometido a una fuerza, la estabilidad articular está asociada a la magnitud de la deformación, de modo que a mayor rigidez, menor es la deformación y por tanto más estable es la columna vertebral. Si volvemos al ejemplo de la figura 1, la rigidez del sistema vendrá representada por la pendiente de la superficie que rodea la bola. A mayor pendiente (imagen de la izquierda), mayor rigidez y estabilidad.

Las articulaciones de la columna vertebral poseen un cierto nivel de rigidez que les proporcionan sus estructuras osteoligamentosas. Sin embargo, estudios *in vitro* realizados en columnas de cadáveres demuestran que las estructuras pasivas de la columna no son capaces de mantener una posición erguida frente a fuerzas compresivas de tan solo 90 N<sup>16</sup>, es decir, fuerzas muy inferiores a las que soporta la columna vertebral en tareas de la vida cotidiana o en actividades deportivas<sup>17</sup>. En este sentido, la estabilidad del raquis



**Figura 2.** a) Modelo mecánico de una columna vertebral de rigidez  $k$  sometida a una fuerza externa ( $F$ ); b) El trabajo es igual a la variación de la energía potencial y también al producto de la fuerza por el desplazamiento o deformación en la dirección de la fuerza; c) Asumiendo que no hay cambios significativos en la altura del sistema, la energía potencial gravitatoria se puede eliminar de la ecuación (en el sistema musculoesquelético la energía potencial representa principalmente la energía elástica almacenada durante la deformación); d) A mayor rigidez de la columna, mayor será la fuerza necesaria para deformarla.



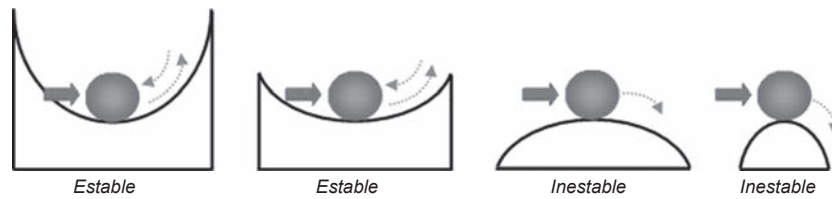
**Figura 3.** Diferentes respuestas ante una alteración durante la realización de un movimiento de flexión del raquis. La línea discontinua representa la trayectoria deseada y la línea continua la trayectoria realizada antes y después de la alteración. La columna presentada en la imagen a) responde mejor que la presentada en la imagen b), ya que tarda menos en recuperar la trayectoria deseada y describe una trayectoria más precisa o parecida a la que se pretendía realizar.

depende tanto de sus elementos osteoarticulares y ligamentosos, como de la activación muscular y de su adecuado funcionamiento bajo la coordinación del sistema de control motor<sup>18</sup>, que modula la respuesta muscular en función del feedback obtenido del contexto y de las estructuras raquídeas y musculares.

La rigidez de las articulaciones raquídeas aumenta rápidamente y de forma no lineal con el incremento de la activación muscular, de modo que, niveles bajos de activación muscular, son capaces de generar niveles de rigidez suficientes para asegurar la estabilidad del raquis en personas sin patología raquídea en una gran variedad de actividades<sup>15,19,20</sup>. Para ello, todos los músculos del tronco deben participar de forma coordinada<sup>5</sup>, desde los más pequeños y próximos a las articulaciones, que actúan localmente generando momentos de fuerza pequeños (*sistema de estabilización local* según Bergmark<sup>13</sup>), hasta los más grandes y superficiales, que actúan sobre una gran cantidad de articulaciones y generan grandes momentos de fuerza, a través de brazos de palanca largos y secciones fisiológicas grandes (*sistema de estabilización global* según Bergmark<sup>13</sup>). En este sentido, estudios biomecánicos han demostrado que patrones de coactivación muscular inadecuados, afectan negativamente al control de la estabilidad mecánica del raquis<sup>21</sup>.

Aunque el concepto de estabilidad basado en la rigidez de la columna vertebral es útil para el estudio de la estabilidad en condiciones estáticas, el incremento de la co-activación muscular, y el consiguiente aumento de la rigidez, no parece la mejor estrategia para controlar el movimiento del tronco a lo largo de una trayectoria predeterminada o para realizar ajustes posturales rápidos y precisos<sup>22,23</sup>. Como se muestra en la figura 3, para analizar la estabilidad del raquis en condiciones dinámicas, es necesario medir la habilidad del sistema de control motor, para mantener una trayectoria determinada, ante fuerzas internas o externas aplicadas sobre el raquis<sup>22</sup>, es decir, ante perturbaciones de diferentes características.

A diferencia de los estudios clásicos de estabilidad mecánica del raquis<sup>13,15</sup>, en los que se intenta establecer diferentes niveles o índices de estabilidad, autores como Reeves et al.<sup>11</sup> abogan por una visión dicotómica de la estabilidad (fig. 4), en la que un cuerpo o sistema es estable o no lo es, pero no es más o menos estable. Para analizar de forma detallada la conducta (estática o dinámica) de un cuerpo o sistema estable ante las perturbaciones, Reeves et al.<sup>11</sup> proponen la utilización de otros 2 conceptos: la robustez y el rendimiento. Básicamente, el rendimiento haría referencia a la precisión y rapidez con la que el sistema es capaz de volver a la posición o trayectoria que tenía antes de la alteración (fig. 3). Por otra parte, la robustez mediría la capacidad de un cuerpo o sistema para permanecer estable ante fuerzas tanto



**Figura 4.** Estabilidad mecánica como concepto dicotómico. Un sistema formado por una bola apoyada sobre una superficie será estable si al aplicarle una fuerza relativamente pequeña la bola vuelve a su posición original tras un periodo de oscilación respecto al punto de equilibrio. Por el contrario, el sistema será inestable si la misma fuerza saca al sistema del estado de equilibrio. Aunque en esta figura hay 2 imágenes que muestran sistemas estables, la imagen situada más a la izquierda presenta un sistema más robusto, ya que este sería capaz de permanecer estable ante fuerzas de mayor intensidad.

grandes como pequeñas (fig. 4). Partiendo de esta definición, no deberíamos hablar de diferentes niveles o índices de estabilidad, sino de diferentes niveles de robustez<sup>11</sup>. El uso del término robustez no es habitual en ámbitos como la rehabilitación, el entrenamiento o la fisioterapia deportiva, donde por ejemplo, el objetivo de los programas de ejercicios de estabilización es conseguir una columna más estable, no más robusta. Por ello, aunque en biomecánica los términos robustez y rendimiento pueden ser útiles para el estudio de la estabilidad mecánica del raquis, en ámbitos más aplicados su uso podría incrementar la confusión terminológica.

#### Conceptos de inestabilidad raquídea desarrollados en el ámbito clínico

Según Panjabi<sup>24</sup> mientras el concepto de inestabilidad mecánica está relacionado principalmente con la incapacidad del raquis para soportar cargas internas o externas, el concepto de inestabilidad clínica incluye también el déficit neurológico y/o el dolor, que pueden ser consecuencia de dicha incapacidad. Así, desde un punto de vista clínico, la estabilidad ha sido definida como la habilidad del raquis, sometido a cargas fisiológicas, de limitar su desplazamiento para no producir lesiones o dañar la médula espinal o las raíces nerviosas, así como para prevenir alteraciones morfológicas que produzcan incapacidad o dolor<sup>12</sup>.

Partiendo de este concepto clínico de estabilidad y de los resultados de estudios electromiográficos<sup>25,26</sup> y experimentales<sup>27-29</sup>, algunos autores<sup>30,31</sup> abogan por el desarrollo de programas de rehabilitación para pacientes con inestabilidad lumbopélvica basados en la mejora de la función de los músculos profundos del tronco, especialmente el transverso del abdomen y el multifido, en detrimento de la musculatura más superficial, como el recto del abdomen. Este enfoque ha recibido críticas importantes, sobre todo desde grupos de investigación en biomecánica del raquis<sup>5</sup>, ya que no parecen existir evidencias suficientes que demuestren que los músculos profundos del tronco son los más importantes para el desarrollo de la estabilidad lumbopélvica<sup>19,32-34</sup>.

#### Conceptos de core stability desarrollados dentro del entrenamiento y la medicina del deporte

Partiendo de los conceptos básicos de estabilidad mecánica del raquis, se han desarrollado varios conceptos funcionales de *core stability* aplicados a los ámbitos del entrenamiento y la medicina del deporte. Uno de los más utilizados es el desarrollado por Kibler et al.<sup>1</sup>. Según estos autores, *core stability* es la capacidad para controlar la posición y el movimiento del tronco sobre la pelvis, permitiendo una óptima producción, transferencia y control de fuerza y movimiento hacia los elementos distales o terminales de las cadenas cinéticas desarrolladas en actividades atléticas o deportivas. Por otro lado, Liemohn et al.<sup>35</sup> utilizaron la conceptualización de estabilidad desarrollada por Panjabi<sup>18</sup> para definir *core stability* como la integración funcional de las estructuras pasivas de la columna

vertebral, los músculos o elementos activos y el control neural, de manera que permite al individuo mantener las *zonas neutrales* intervertebrales (parte del rango de movimiento articular dentro del cual la resistencia al movimiento intervertebral es mínimo) dentro de los límites fisiológicos, mientras se realizan actividades de la vida diaria.

El concepto de *core stability*, denominado en ocasiones como *core strength*<sup>32,36-38</sup>, es entendido a veces como un constructo amplio que incluye el control propioceptivo, la fuerza, la potencia y la resistencia de los músculos del *core*<sup>39</sup>. Sin embargo, aunque los términos *core stability* y *core strength* están relacionados, no se deben utilizar como sinónimos, ya que esto incrementa la confusión terminológica. Según Reed et al.<sup>10</sup>, *core strength* hace referencia a la capacidad de los músculos del *core* para generar y mantener la producción de fuerza (capacidades que conocemos como fuerza y resistencia muscular), mientras que el concepto de *core stability* está relacionado con el control del *core* durante la generación de fuerza muscular o en respuesta a una alteración.

Como se desprende de lo expuesto hasta el momento, la definición de *core stability* está claramente vinculada al contexto donde ha sido desarrollada y utilizada, es decir, laboratorios de biomecánica, clínicas de rehabilitación y centros deportivos, principalmente. Ante la existencia de numerosas definiciones de *core stability*, estabilidad del tronco, estabilidad del raquis y estabilidad lumbopélvica, algunos de los grupos de investigación más relevantes<sup>6,11</sup> han resaltado la necesidad de que la comunidad científica elija una única definición de estabilidad<sup>6,11</sup>. Esta definición debería partir de la fundamentación básica desarrollada en ingeniería y biomecánica, así como de las características morfológicas y funcionales de las estructuras que forman el *core*. Además, sería conveniente que el concepto de *core stability* se pudiera aplicar en diferentes contextos (entrenamiento deportivo, fitness, medicina del deporte, etc.), por lo que debería ser útil tanto en situaciones estáticas como dinámicas<sup>6</sup>. Atendiendo a estas consideraciones, se propone la siguiente definición de *core stability*: capacidad de las estructuras osteoarticulares y musculares, coordinadas por el sistema de control motor, para mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco, cuando este es sometido a fuerzas internas o externas.

Si aplicamos el concepto referido al entrenamiento o la medicina del deporte, la estabilidad del *core* puede ser entendida como una cualidad física, modificable con el entrenamiento o la rehabilitación. Cuando analizamos la estabilidad de un deportista debemos tener en cuenta que esta es dependiente del contexto<sup>11</sup>, por lo que se puede manifestar de forma distinta en función de las condiciones en las que es evaluada. Así, del mismo modo que un deportista puede tener una gran fuerza isométrica máxima, a pesar de no presentar valores muy elevados de fuerza explosiva, también puede destacar por tener una gran capacidad de estabilización del *core* en bipedestación y ante fuerzas aplicadas en dirección transversal, pero no así ante fuerzas aplicadas en otras direcciones, ante fuerzas de mayor duración o ante fuerzas aplicadas en sedestación<sup>40</sup>. Por



tanto, para poder analizar adecuadamente la estabilidad del *core* es necesario utilizar una batería de test que nos permita conocer la respuesta de las estructuras del *core* ante una gran variedad de fuerzas de diferentes características (magnitud, dirección, duración, etc.).

### Core stability, prevención de lesiones y rendimiento deportivo

En el deporte profesional y amateur son habituales los programas de ejercicios para el acondicionamiento de la musculatura del tronco, conocidos como programas de *core training*<sup>41-42</sup>. Los objetivos de estos programas suelen ser la mejora del rendimiento deportivo y la prevención de lesiones, mediante el desarrollo de las diferentes cualidades de los músculos del tronco, especialmente, la resistencia, la fuerza y la capacidad de estabilización de las estructuras del *core*.

Los resultados de estudios publicados en los últimos 15 años han relacionado deficiencias en el control neuromuscular de la estabilidad del tronco con lesiones de la columna vertebral y las extremidades<sup>6</sup>. En este sentido, un estudio biomecánico realizado por Cholewicki et al.<sup>43</sup> encontró alteraciones en la respuesta refleja de los músculos del tronco ante fuerzas externas (aplicadas sobre el tórax de forma controlada) en deportistas que habían finalizado su recuperación tras una lumbalgia aguda. Asimismo, estudios que han comparado la respuesta de los músculos del tronco de pacientes con dolor lumbar crónico y personas asintomáticas, han encontrado una mayor latencia en la respuesta muscular de los pacientes con dolor lumbar ante fuerzas externas<sup>44-46</sup> e internas<sup>25,26</sup>, así como un menor control postural tanto de pie<sup>47-50</sup> como en sedestación<sup>45,51</sup>. Con base en los resultados de los estudios referidos, se considera que el déficit en el control neuromuscular de la estabilidad del tronco es un factor de riesgo de lesión del raquis lumbar<sup>3,6</sup>, aunque es difícil establecer si estas deficiencias son causa o consecuencia de la lesión lumbar.

En cuanto a las lesiones de las extremidades, estudios prospectivos realizados por Zazulak et al.<sup>52,53</sup> mostraron correlaciones entre diversos factores relacionados con el control neuromuscular de la estabilidad del tronco (desplazamiento del tronco ante una fuerza externa, control propioceptivo de la posición del tronco, historia de dolor lumbar, etc.) y lesiones deportivas ocurridas durante un periodo de 3 años en diferentes estructuras de la rodilla, principalmente en mujeres deportistas. Asimismo, en un estudio realizado con jugadores de baloncesto y corredores de *cross*, Leetun et al.<sup>37</sup> encontraron que la fuerza de los rotadores externos de la cadera (variable relacionada con el concepto de *core strength*) fue un predictor de lesiones en los miembros inferiores a lo largo de una temporada. No obstante, es necesario realizar estudios de intervención para profundizar en la relación entre déficits de *core stability* y/o *core strength* y el riesgo de lesión en las extremidades, ya que los estudios transversales y de cohortes no permiten inferir si ha existido o no causalidad<sup>54</sup>.

Además de los posibles beneficios del desarrollo del *core stability* sobre la prevención de lesiones en el aparato locomotor, autores como Kibler et al.<sup>1</sup> sugieren que es posible optimizar el rendimiento de los deportistas, a través del desarrollo de la parte central de las cadenas cinéticas implicadas en la mayoría de las acciones deportivas, facilitando la transmisión de las fuerzas, generadas por los miembros inferiores, hacia los miembros superiores y viceversa. Se ha demostrado en estudios electromiográficos que la activación de los músculos del tronco precede a la activación de los músculos que movilizan las extremidades<sup>55</sup>, lo que ha sido interpretado como una forma de crear una base estable para el movimiento de los miembros. Este fenómeno es lo que se denominó *proximal stability for distal mobility*<sup>56</sup>. Asimismo, teniendo en cuenta que la parte superior del cuerpo constituye las 2 terceras partes del peso

corporal total<sup>57</sup> y que esta masa se encuentra generalmente elevada en relación con el suelo, un control adecuado de los movimientos y la postura del tronco, es considerado un factor importante para el equilibrio corporal<sup>50,58,59</sup>, capacidades que son claves para el rendimiento en muchos deportes<sup>60</sup>.

Por otro lado, los estudios experimentales y/o descriptivos que han analizado la posible contribución de la *core stability* al rendimiento deportivo son escasos y presentan resultados controvertidos<sup>34,38,39,54</sup>. El origen de esta controversia puede encontrarse en diversas limitaciones de los estudios referidos. Generalmente, los ejercicios de *core stability* no son el único componente de los programas de entrenamiento, por lo que es difícil aislar directamente sus efectos sobre el rendimiento<sup>10</sup>. Además, muchos de los estudios que han encontrado los mayores efectos, han sido realizados con individuos que practicaban deporte a nivel universitario o amateur y no pueden ser generalizables al deporte de élite o profesional<sup>10</sup>. Otra limitación es la falta de especificidad de los test utilizados para medir el rendimiento deportivo. Generalmente se utilizan test de saltos, levantamiento de pesas, lanzamientos, golpes, sprint, cambios de dirección y control postural, que miden capacidades físicas importantes para el rendimiento de los deportistas, como la agilidad, la velocidad, la fuerza, la potencia y el equilibrio<sup>10,34,38,39,54</sup>. Sin embargo, estas pruebas son genéricas y no suelen estar basadas en los movimientos y las técnicas utilizadas de forma específica en cada deporte. Finalmente, una de las limitaciones más importantes de estos estudios está relacionada con la ambigüedad existente en relación con el concepto de *core stability*<sup>54</sup>, ya que la existencia de múltiples definiciones de estabilidad ha provocado la utilización de medidas muy diversas para evaluar esta capacidad, como por ejemplo, test isométricos de fuerza o resistencia muscular<sup>38</sup> y test de control postural del raquis lumbar y la pelvis<sup>34,39</sup>. Desafortunadamente, se desconoce la validez de estas pruebas como medidas de *core stability*, lo que pone en entredicho los resultados obtenidos en los estudios referidos y deja una gran cantidad de preguntas sin resolver. Futuros estudios deben superar estas limitaciones, lo cual permitirá resolver preguntas importantes, como por ejemplo: ¿es necesario un nivel determinado de *core stability* para rendir en un deporte?, ¿tiene algún beneficio seguir desarrollando esta capacidad si alcanzamos dicho nivel?, ¿es más importante la utilización de ejercicios de *core stability* en fases de formación deportiva o en el rendimiento deportivo?, ¿qué elementos, componentes o características de la *core stability* son más importantes para el rendimiento?, etc.

### Recomendaciones finales

Los ejercicios de *core stability* son tareas habituales dentro de los programas de *core training* diseñados para la prevención de lesiones, el incremento de la función de los músculos del tronco y/o la mejora del rendimiento deportivo. No obstante, el uso del término *core stability* es ambiguo, existiendo una gran confusión terminológica en diferentes ámbitos profesionales y científicos. Ante la necesidad de consenso, en relación con la utilización de un único concepto de estabilidad, se propone la siguiente definición de *core stability*: capacidad de las estructuras osteoarticulares y musculares, coordinadas por el sistema de control motor, para mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco ante las perturbaciones.

Según los resultados de estudios biomecánicos y epidemiológicos, el déficit de control neuromuscular de la estabilidad del tronco está relacionado, tanto con el síndrome de dolor lumbar como con lesiones en los miembros inferiores. Por otro lado, aunque desde un punto de vista teórico se acepta la relación entre *core stability* y rendimiento deportivo, no existen evidencias claras de la mejora del rendimiento de los deportistas a través del entrenamiento de

la *core stability*. Esto se debe principalmente a que los estudios que han analizado dicha relación son relativamente pocos y presentan limitaciones importantes.

## Financiación

Este trabajo es resultado de un Proyecto de Investigación (Ref.: DEP2010-16493) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Plan Nacional de I+D+i).

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

El estudiante Casto Juan Recio ha podido participar en este estudio gracias a una beca predoctoral (Val i+D) concedida por la Generalidad Valenciana. Los autores agradecen a D. Luis Cortes Barbado (Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC, Granada) la revisión de este trabajo.

## Bibliografía

- Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med*. 2006;36(3):189-98.
- Escamilla RF, Lewis C, Bell D, Bramblett G, Daffron J, Lambert S, et al. Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(5):265-76.
- Borghuis J, Hof AL, Lemmink KA. The importance of sensory-motor control in providing core stability: Implications for measurement and training. *Sports Med*. 2008;38(11):893-916.
- McGill SM. *Low back disorders. Evidence-based prevention and rehabilitation*. Champaign, Illinois: Human Kinetic; 2002.
- McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(4):353-9.
- Zazulak B, Cholewicki J, Reeves NP. Neuromuscular control of trunk stability: Clinical implications for sports injury prevention. *J Am Acad Orthop Surg*. 2008;16(9):497-505.
- Becker A, Held H, Redaelli M, Strauch K, Chenot JF, Leonhardt C, et al. Low back pain in primary care: Costs of care and prediction of future health care utilization. *Spine*. 2010;35(18):1714-20.
- Dagenais S, Caro J, Haldeman S. A systematic review of low back pain cost of illness studies in the United States and internationally. *Spine J*. 2008;8(1):8-20.
- Gómez-Conesa A, Valbuena Moya S. Lumbalgia crónica y discapacidad laboral. *Fisioterapia*. 2005;27(5):255-65.
- Reed CA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: A systematic review. *Sports Med*. 2012;42(8):697-706.
- Reeves NP, Narendra KS, Cholewicki J. Spine stability: The six blind men and the elephant. *Clin Biomech*. 2007;22(3):266-74.
- White AA, Panjabi MM. *Clinical biomechanics of the spine*. 20nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1990.
- Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand*. 1989;230 Suppl1:S1-54.
- Elvira JLL. Control y análisis del equilibrio y la estabilidad en la actividad física y el deporte. En: Izquierdo M, editor. *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte*. Buenos Aires: Panamericana; 2008. p. 259-80.
- Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: Implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech*. 1996;11(1):1-15.
- Crisco JJ 3rd, Panjabi MM. Euler stability of the human ligamentous lumbar spine Part I: Theory. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1992;7(1):19-26.
- Cholewicki J, McGill SM, Norman RW. Lumbar spine loads during the lifting of extremely heavy weights. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(10):1179-86.
- Panjabi MM. The stabilizing system of the spine Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992;5(4):383-9.
- Vera-García FJ, Elvira JL, Brown SH, McGill SM. Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *J Electromyogr Kinesiol*. 2007;17(5):556-67.
- Vera-García FJ, Brown SH, Gray JR, McGill SM. Effects of different levels of torso coactivation on trunk muscular and kinematic responses to posteriorly applied sudden loads. *Clin Biomech*. 2006;21(5):443-55.
- Brown SH, Vera-García FJ, McGill SM. Effects of abdominal muscle coactivation on the externally preloaded trunk: Variations in motor control and its effect on spine stability. *Spine*. 2006;31(13):E387-93.
- Granata KP, England SA. Stability of dynamic trunk movement. *Spine*. 2006;31(10):E271-6.
- Reeves NP, Everding VQ, Cholewicki J, Morrisette DC. The effects of trunk stiffness on postural control during unstable seated balance. *Exp Brain Res*. 2006;174(4):694-700.
- Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(4):371-9.
- Hodges PW, Richardson CA. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J Spinal Disord*. 1998;11(1):46-56.
- Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*. 1996;21(22):2640-50.
- Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine*. 1996;21(23):2763-9.
- Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine*. 2001;26(11):E243-8.
- O'Sullivan PB, Twomey L, Allison GT. Altered abdominal muscle recruitment in patients with chronic back pain following a specific exercise intervention. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;27(2):114-24.
- Richardson CA, Jull GA. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe? *Man Ther*. 1995;1(1):2-10.
- Jull GA, Richardson CA. Motor control problems in patients with spinal pain: A new direction for therapeutic exercise. *J Manipulative Physiol Ther*. 2000;23(2):115-7.
- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85 3 Suppl 1:S86-92.
- Grenier SG, McGill SM. Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):54-62.
- Mills JD, Taunton JE, Mills WA. The effect of a 10-week training regimen on lumbo-pelvic stability and athletic performance in female athletes: A randomized-controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2005;6(2):60-6.
- Liemohn WP, Baumgartner TA, Gagnon LH. Measuring core stability. *J Strength Cond Res*. 2005;19(3):583-6.
- Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. Relationship between cycling mechanics and core stability. *J Strength Cond Res*. 2007;21(4):1300-4.
- Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(6):926-34.
- Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. *J Strength Cond Res*. 2008;22(6):1750-4.
- Sharrock C, Cropper J, Mostad J, Johnson M, Malone T. A pilot study of core stability and athletic performance: Is there a relationship? *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6(2):63-74.
- López-Valenciano A, Juan-Recio C, Barbado D, López-Elvira JL, Montero C, Vera-García FJ. Perfil de la estabilidad mecánica del tronco en judocas de elite. I Congreso Internacional de Judo De Frutos-UMH; San Juan (Alicante): 27-30 de Junio de 2013.
- Vera-García FJ, Flores-Parodi B, Llana Belloch S. El entrenamiento de la zona central (core training) en la natación de competición. *NSW*. 2008;30(2):7-16.
- Weston M, Coleman NJ, Spears IR. The effect of isolated core training on selected measures of golf swing performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(12):2292-7.
- Cholewicki J, Greene HS, Polzhofer GK, Galloway MT, Shah RA, Radebold A. Neuromuscular function in athletes following recovery from a recent acute low back injury. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002;32(11):568-75.
- Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM, Patel TC. Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine*. 2000;25(8):947-54.
- Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK, Greene HS. Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine*. 2001;26(7):724-30.
- Reeves NP, Cholewicki J, Milner TE. Muscle reflex classification of low-back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2005;15(1):53-60.
- Ham YW, Kim DM, Baek JY, Lee DC, Sung PS. Kinematic analyses of trunk stability in one leg standing for individuals with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20(6):1134-40.
- Henry SM, Hitt JR, Jones SL, Bunn JY. Decreased limits of stability in response to postural perturbations in subjects with low back pain. *Clin Biomech*. 2006;21(9):881-92.
- Ruhe A, Fejer R, Walker B. Center of pressure excursion as a measure of balance performance in patients with non-specific low back pain compared to healthy controls: A systematic review of the literature. *Eur Spine J*. 2011;20(3):358-68.
- Sung PS, Yoon B, Lee DC. Lumbar spine stability for subjects with and without low back pain during one-leg standing test. *Spine*. 2010;35(16):E753-60.
- Van Dieen JH, Koppes LL, Twisk JW. Low back pain history and postural sway in unstable sitting. *Spine*. 2010;35(7):812-7.
- Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: A prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med*. 2007;35(7):1123-30.
- Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. The effects of core proprioception on knee injury: A prospective biomechanical-epidemiological study. *Am J Sports Med*. 2007;35(3):368-73.
- Jamison ST, McNeilan RJ, Young GS, Givens DL, Best TM, Chaudhari AM. Randomized controlled trial of the effects of a trunk stabilization

- program on trunk control and knee loading. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(10):1924–34.
55. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997;77(2):132–42.
56. Putnam CA. Sequential motions of body segments in striking and throwing skills. *J Biomech.* 1993;26:125–35.
57. Dumas R, Cheze L, Verriest JP. Adjustments to McConville et al. and Young et al. body segment inertial parameters. *J Biomech.* 2007;40(3):543–53.
58. Van der Burg JC, van Wegen EE, Rietberg MB, Kwakkel G, van Dieen JH. Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson's disease. *Parkinson Rel Disord.* 2006;12(8):492–8.
59. Preuss R, Fung J. Musculature and biomechanics of the trunk in the maintenance of upright posture. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(5):815–28.
60. Van Dieen JH, Luger T, van der Eb J. Effects of fatigue on trunk stability in elite gymnasts. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(4):1307–13.



Caso clínico

## Esguince de tobillo de primer grado como causa de paresia del nervio peroneo común. Caso clínico



Í. Úbeda-Pérez de Heredia\* y G.Á. Sobrá-Hidalgo

Unidad de Traumatología, Hospital FREMAP, Sevilla, España

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

*Historia del artículo:*

Recibido el 26 de marzo de 2014

Aceptado el 18 de septiembre de 2014

*Palabras clave:*

Nervio peroneo común

Esguince de tobillo

Paresia

Parálisis

*Keywords:*

Common peroneal nerve

Ankle sprain

Paresia

Palsy

*Palavras-chave:*

Nervo fibular comum

Entorse de tornozelo

### R E S U M E N

Los esguinces de tobillo, con mecanismo de inversión, son incidencias comunes en la población y constituyen las lesiones más frecuentes en el deporte. Eventualmente pueden ocasionar una neuropatía del nervio peroneo común, debido a un mecanismo de tracción indirecta, a través del nervio peroneo superficial. Se presenta el caso clínico de un varón de 37 años que, tras sufrir un esguince de tobillo de primer grado durante la práctica deportiva, presentó una paresia intensa del nervio peroneo común que se constató mediante estudio ecográfico y electroneuromiográfico. El cuadro se resolvió con tratamiento conservador y electroestimulación. Pese a su rareza, ha de conocerse la asociación entre el esguince de tobillo y la lesión del nervio peroneo común y debe evaluarse la función de dicho nervio en todos los pacientes con esguince de tobillo en sus diferentes grados, tanto en su exploración inicial como en el seguimiento posterior.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Grade I inversion ankle sprain causing paresia of the common peroneal nerve. Case report

#### A B S T R A C T

Inversion ankle sprains are common in population and the most usual injury in the sports. Eventually ankle sprains can cause a common peroneal nerve neuropathy via traction mechanism over the superficial peroneal nerve. Case of a 37 year old man who suffered a minor ankle sprain during sport activity followed by common peroneal nerve paresia. This neuropathy was confirmed through ultrasonography and electrodiagnostic evaluation. Paresia solved with conservative treatment and electrostimulation. In spite of the uncommon presentation of common peroneal nerve injury after an inversion ankle sprain, it is important to know the association between both pathologies. Physician may evaluate the function of this nerve in all patients with minor severe ankle sprain in the first and later medical examination.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Entorse de tornozelo de primeiro grau como causa de paresia do nervo fibular comum. Relato de caso

#### R E S U M O

Entorses de tornozelo por inversão são comuns na população e um dos problemas mais frequentes nos esportes. Eventualmente a entorse de tornozelo pode gerar uma neuropatia do nervo fibular comum devido ao mecanismo de tração indireta sobre a superfície do nervo peroneal. Caso de um homem de

\* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: dr.iubedap@gmail.com, inigo.ubeda@fremap.es (Í. Úbeda-Pérez de Heredia).

Paresia  
Parálisis

37 anos que sofreu uma entorse de tornozelo de primeiro grau durante a atividade desportiva, seguida de paresia do nervo fibular, constatando-se através de análise por ultrassonografia e avaliação eletromiográfica uma intensa afecção desse nervo. A paresia foi solucionada com tratamento conservador e eletroestimulação. Apesar da apresentação incomum de lesão envolvendo o nervo fibular recorrente de uma entorse de tornozelo por inversão, é importante conhecer a associação dessas 2 patologias. Deve-se avaliar a função deste nervo em todos os pacientes com entorse de tornozelo em diferentes graus, tanto na exploração inicial como também em momentos posteriores.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introducción**

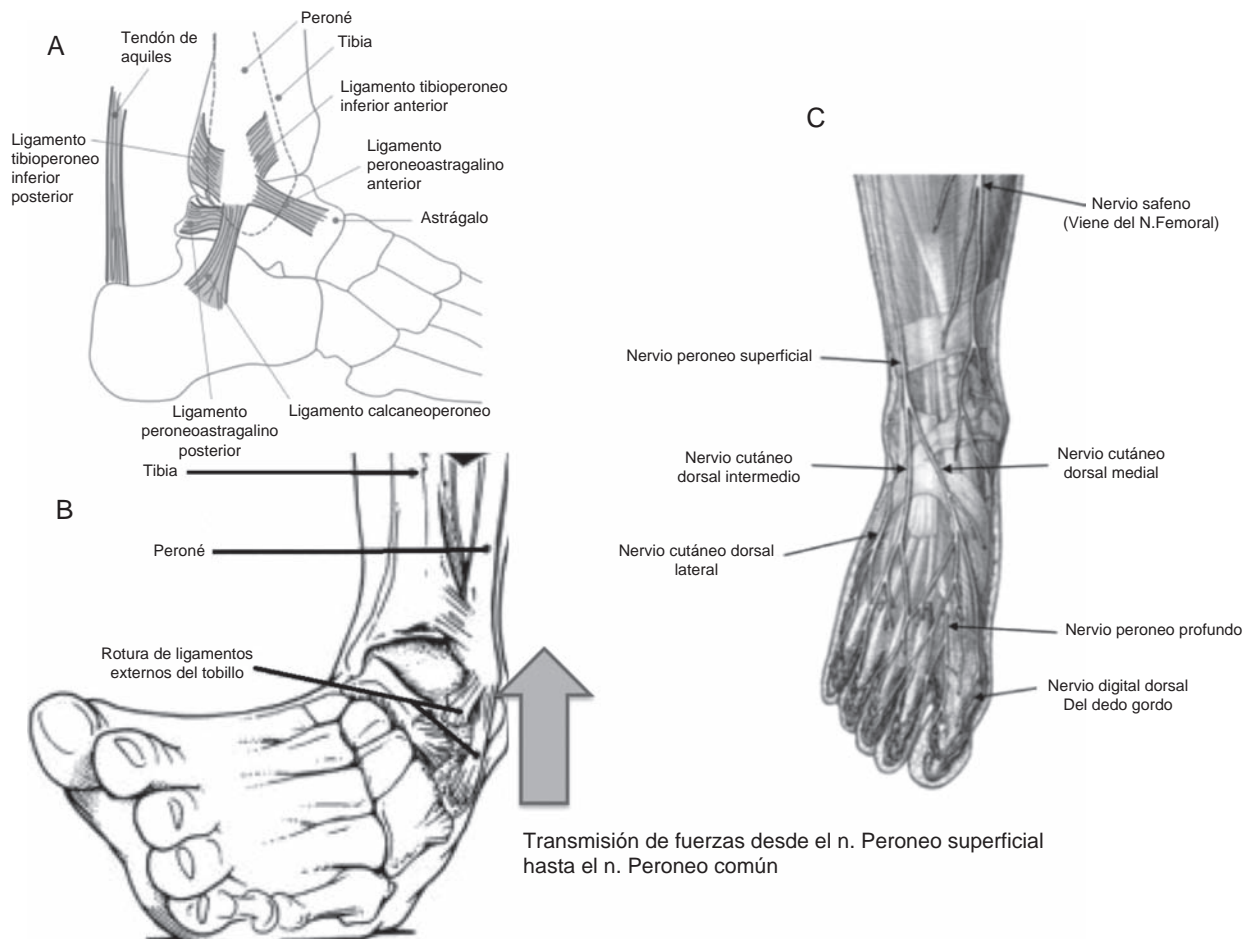
Los esguinces de tobillo, con mecanismo de inversión, son lesiones frecuentes cuya incidencia se estima en un caso por cada 10.000 personas cada día y constituyen las lesiones más comunes en el deporte<sup>1</sup>. Más del 40% de los pacientes que han sufrido un esguince de los ligamentos externos del tobillo padecen síntomas residuales. Una causa potencial de morbilidad crónica la constituye la lesión del nervio tibial o del nervio peroneo común o sus ramas<sup>2</sup>. Estudios electromiográficos realizados en pacientes con esguince severo del tobillo han demostrado lesiones asociadas de los nervios peroneo común, superficial o profundo y del nervio tibial<sup>3</sup>.

El llamado «pie péndulo o caído» suele asociarse a una disfunción del nervio peroneo común o ciático poplíteo externo (CPE), que comporta una paresia o parálisis de los músculos dorsiflexores del

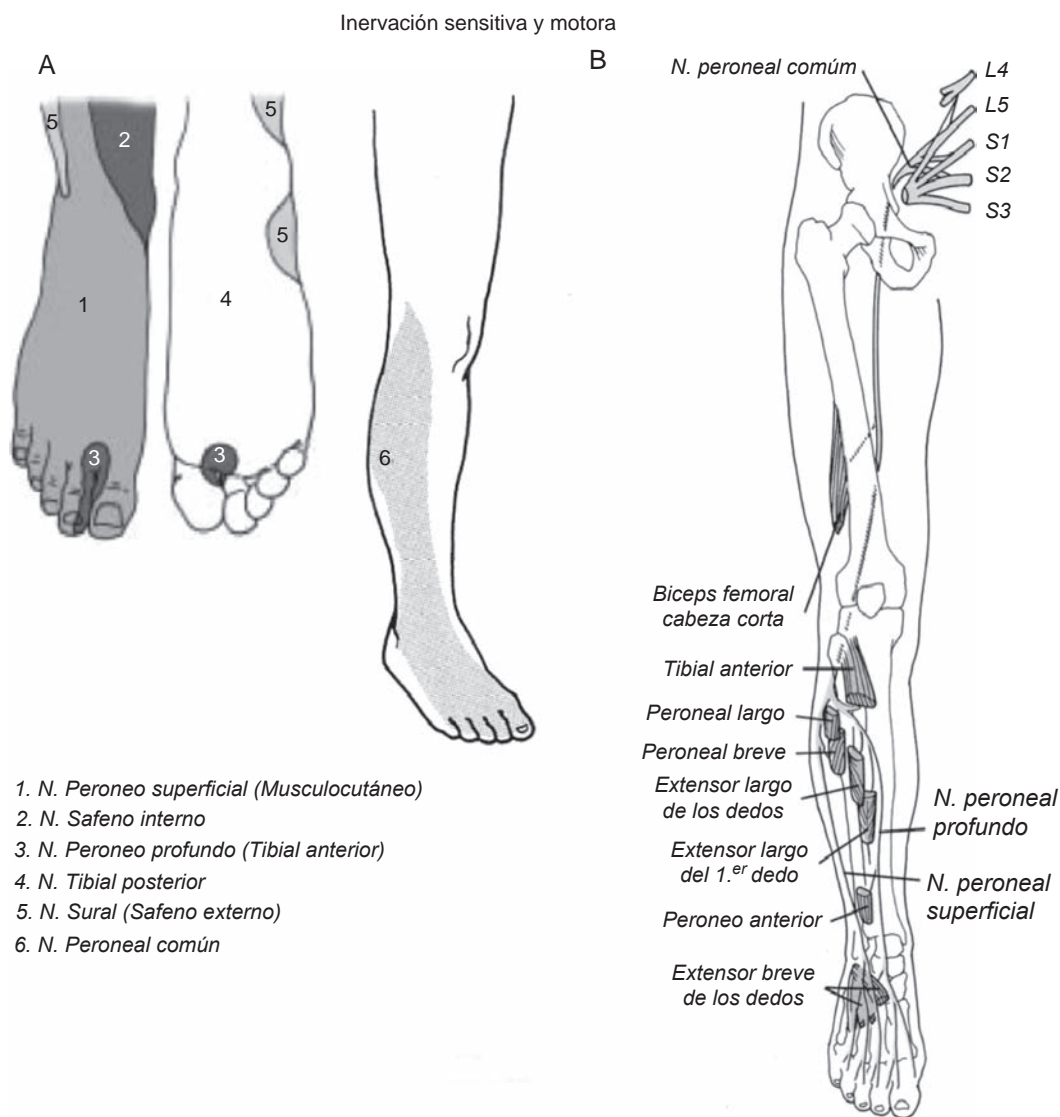
pie, el tibial anterior y el extensor del primer dedo, produciendo una seria limitación de la marcha («steppage gait» o marcha en estepaje) en la que se produce un incremento compensatorio de la flexión de la cadera y la rodilla<sup>4,5</sup>.

Desde que fuera reportado el primer caso de parálisis del nervio peroneo común como complicación de un esguince de tobillo por inversión<sup>7</sup>, la mayoría de los autores se postulan a favor de la base etiopatogénica en la cual el mecanismo de inversión forzada del pie produce una tracción del nervio peroneo superficial que, de forma indirecta, se transmite a lo largo del nervio peroneo común<sup>8,9</sup> (fig. 1). Teniendo como cierta esta hipótesis, en el caso que describimos llama la atención que la neuropatía del nervio peroneo común haya sido consecuencia de un esguince de tobillo leve que, en la valoración inicial del paciente, debutó prácticamente sin sintomatología.

Mecanismo etiopatogénico de la lesión del CPE en esguinces de tobillo por inversión



**Figura 1.** Mecanismo etiopatogénico de la lesión del nervio peroneo común tras un esguince por inversión del tobillo (Fuente: Nobel<sup>8</sup>). A: ligamentos externos del tobillo. B: mecanismo lesional de esguince de tobillo por inversión. C: inervación del tobillo y del pie.



**Figura 2.** A: inervación sensitiva de la pierna y el pie. B: recorrido del nervio ciático y sus ramas.

### Caso clínico

Paciente varón de 37 años, sin antecedentes médicos ni quirúrgicos de interés, que fue atendido en el servicio de urgencias de nuestro hospital, días después de haber sufrido una torsión del tobillo derecho, con mecanismo de inversión forzada durante el entrenamiento deportivo. En fases iniciales la lesión no produjo merma en las actividades de su vida diaria, pero 4 días después del accidente presentó dificultad para la deambulación y pérdida de sensibilidad en la cara externa de pierna y dorso del pie, evidenciándose en la exploración física hipoestesia de la musculatura inervada por ambas ramas del nervio peroneo común (nervios musculocutáneo y tibial anterior) (fig. 2) acompañada de paresia de los músculos tibial anterior, extensor común de los dedos y del primer dedo, así como de los músculos peroneos largo y corto, y del músculo pedio, con un balance muscular de 2-3/5 en la escala de Daniels. No presentó signos inflamatorios, laxitud ligamentosa ni dolor a la palpación de las estructuras musculotendinosas ni de los complejos ligamentosos del pie y tobillo; tampoco aquejó sintomatología dolorosa en maléolos ni en cuello del peroné.

No se encontraron hallazgos patológicos en la radiología simple ni en la resonancia magnética (fig. 3). Sin embargo, el estudio electromiográfico-electroneurográfico (EMG-ENG), realizado a las

4 semanas del accidente, puso de manifiesto una afectación intensa del nervio peroneo común derecho a nivel de la epífisis peroneal (fig. 4), y la ultrasonografía, realizada 3 semanas después del EMG-ENG, mostró un discreto engrosamiento de dicho nervio en un pequeño segmento próximo a la cabeza del peroné, sugiriendo neuropatía a ese nivel sin solución de continuidad y sin alteraciones en su segmento perifibular ni distal (fig. 5).

El paciente fue tratado de manera conservadora, con medicación antineurítica y esteroidea vía intramuscular. Se prescribió una ortesis antiequina de fibra de carbono desde el inicio y posterior tratamiento de electroestimulación que se llevó a cabo en nuestro servicio de rehabilitación.

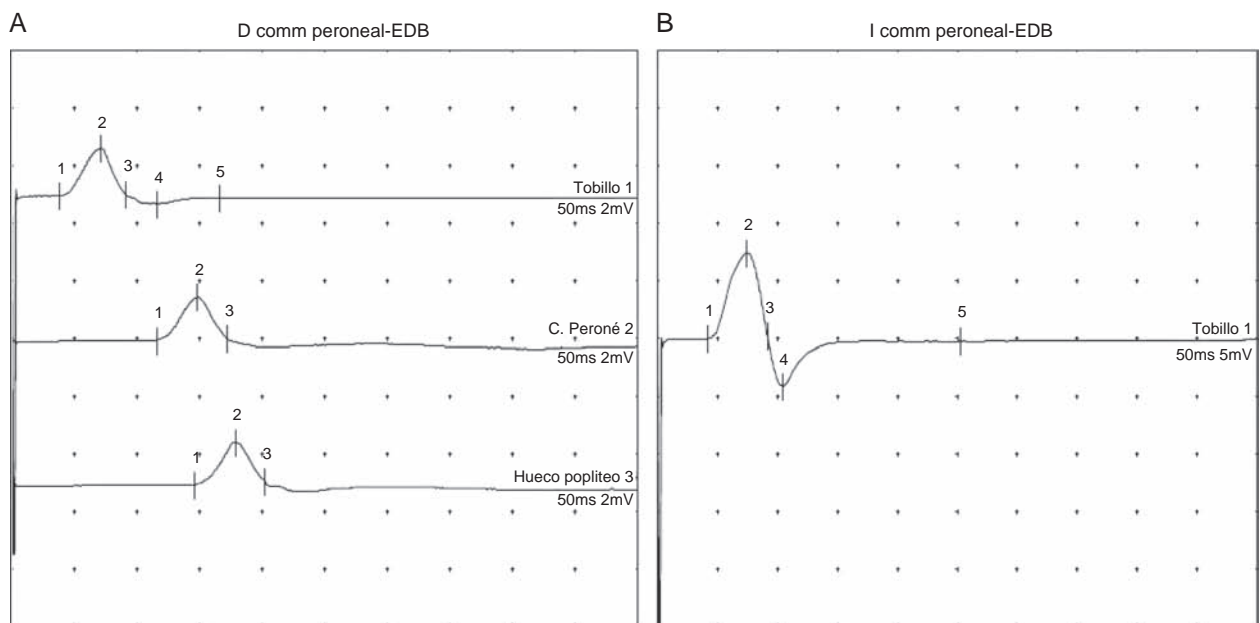
El cuadro se resolvió a los 5 meses de la producción de la lesión, siendo el paciente dado de alta sin secuelas, reincorporándose a su actividad laboral y deportiva habitual.

### Discusión

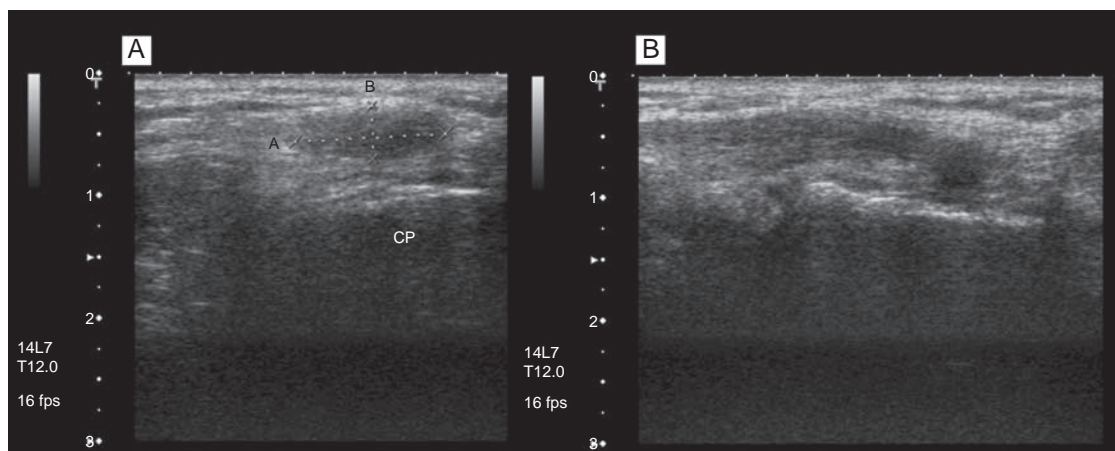
De entre todas las lesiones articulares del miembro inferior, la del tobillo es la que con más frecuencia resulta lesionada. Los esguinces del tobillo tienen una elevada incidencia y constituyen la patología más común de las lesiones deportivas<sup>1</sup>. Sin embargo, muy pocos estudios describen la asociación causal entre el esguince de



**Figura 3.** Resonancia magnética de la rodilla derecha en la que no se encuentran lesiones a nivel de la cabeza y cuello del peroné. A: corte coronal potenciado en T2. B: corte sagital potenciado en T1. C: corte axial potenciado en T1.



**Figura 4.** Electromiografía comparativa del nervio peroneo común derecho (A) e izquierdo (B) en la que se observa la afectación del nervio peroneo común derecho.



**Figura 5.** Ecografía de rodilla derecha. A: plano axial: se aprecia una imagen hipoecica y engrosamiento del nervio peroneo común adyacente a la cabeza del peroné (CP). B: dicha imagen se aprecia igualmente en el plano longitudinal.

tobillo con mecanismo de inversión y la lesión del nervio peroneo común.

Para entender la etiopatogenia de la lesión del nervio peroneo común, en el seno de un esguince de tobillo, es fundamental el conocimiento de la anatomía<sup>6</sup>. El nervio peroneo común, llamado también ciático poplíteo externo (CPE) o fibularis communis, se origina de las divisiones dorsales de los nervios raquídeos L4, L5, S1, S2 y S3. Forma la parte externa del tronco del nervio ciático mayor hasta que se separa del nervio tibial posterior, antes de llegar a la fosa poplíteo, y se dirige al lado externo de la rodilla cubierto por el músculo bíceps crural. Desde ahí rodea lateralmente el cuello del peroné, penetra en el músculo peroneo largo y se divide en 2 ramas que forman el nervio peroneo superficial o musculocutáneo, el cual inerva a los 2 músculos peroneos y la cara dorsal del pie a excepción de las caras adyacentes de primero y segundo dedos, y el nervio peroneo profundo o nervio tibial anterior que, descendiendo entre los músculos extensor largo de los dedos y el músculo tibial anterior, inerva los músculos tibial anterior, extensor largo de los dedos, extensor largo del hallux, pedio, los músculos interóseos y la piel entre los dos primeros dedos.

Nobel<sup>8</sup> describió cómo, ante una inversión forzada del pie, el nervio peroneo superficial era sometido a un mecanismo de tracción que, aparentemente, se transmitía a lo largo de su recorrido desde el tobillo hasta el tercio medio del muslo, donde los vasa-nervorum del nervio peroneo común sufrirían una rotura por debajo de la bifurcación del nervio ciático, dando origen a un hematoma entre el epineuro y el perineuro, que comprimiría el nervio ocasionando su lesión. Posteriormente, otros autores como Brief et al.<sup>9</sup> han apoyado el mecanismo de tracción del nervio peroneal superficial como el más verosímil para este tipo de lesiones. Prácticamente todos los autores coinciden en la hipótesis de que los esguinces de tobillo, con mecanismo de inversión, guardan relación directa con la lesión del nervio peroneo superficial<sup>10-12</sup>, el cual, debido a su posición anatómica en la parte anterolateral de la pierna, resulta particularmente vulnerable a la elongación provocada por una entorsis con mecanismo combinado de supinación y flexión plantar del pie<sup>13</sup>.

El ligamento peroneoastagalino anterior (LPAA) es el principal estabilizador frente a las lesiones por inversión<sup>13</sup>; de hecho, la tracción y desplazamiento del nervio peroneo superficial en el contexto de un esguince con mecanismo de inversión del pie es mayor cuando existe compromiso del LPAA<sup>14</sup>. Llama la atención que, constatada la inexistencia de laxitud ligamentosa en el paciente del caso que se presenta, un esguince de primer grado que, por definición, cursa sin rotura del LPAA, haya sido capaz de ejercer una tracción suficientemente intensa sobre el nervio peroneo superficial como

para producir la rotura de los vasa nervorum en la bifurcación de las ramas terminales del nervio peroneo común.

El caso que presentamos fue tratado de forma conservadora con tratamiento rehabilitador y la prescripción de una ortesis anti-equina para facilitar un patrón de marcha cercano a la normalidad y ayudar a estabilizar la articulación del tobillo contribuyendo a la recuperación del esguince. Este es el tratamiento que se recomienda inicialmente, reservándose la descompresión quirúrgica y la neurlisis del nervio peroneo común para los pacientes que presentan una parálisis severa, empeoramiento progresivo de los síntomas o ausencia de mejoría con el tratamiento conservador<sup>15</sup>.

Pese a la rareza de la afectación del nervio peroneo común consecuente a un esguince de tobillo, ha de conocerse dicha asociación y evaluarse la función de los músculos inervados por este nervio y sus ramas, no solo en el deportista, sino en todos los pacientes con esguince de tobillo en sus diferentes grados, tanto en su exploración inicial como en el seguimiento posterior.

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

#### Bibliografía

- O'Neill PJ, Parks BG, Walsh R, Simmons LM, Miller SD. Excursion and strain of the superficial peroneal nerve injury during inversion ankle sprain. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:979-86.
- Stoff MD, Greene AF. Common peroneal nerve palsy following inversion ankle injury: A report of two cases. *Phys Ther.* 1982;62:1463-4.
- Nitz AJ, Dobner JJ, Kersey D. Nerve Injury and grades II and III ankle sprains. *Am J Sports Med.* 1985;13:177-82.
- Dawson DM, Hallett M, Wilbourn AJ. Peroneal nerve entrapment. *Entrapment neuropathies.* 3a ed. Philadelphia: Lippincott Raven; 1999. p. 270-96.
- De Bruijn IL, Geertzen JH, Dijkstra PU. Functional outcome after peroneal nerve injury. *Int J Rehab Res.* 2007;30:333-7.
- Izquierdo JM, Barbera J. *Lecciones de neurocirugía.* España: Universidad de Oviedo; 1992.
- Oppenheim H. *Textbook of nervous diseases.* 5ª ed. Edinburgh: Otto Schulze; 1911. p. 462-3.
- Nobel W. Peroneal palsy due to hematoma in the common peroneal nerve sheath after distal torsional fractures and inversion ankle sprains. Report of two cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;48(8):1484-95.
- Brief JM, Brief R, Ergas E, Brief LP, Brief AA. Peroneal nerve injury with foot drop complicating ankle sprain. A series of four cases with review of the literature. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2009;67(4):374-7.
- Lalezari S, Amrari KK, Tubbs RS, Spinner RJ. Interosseous membrane: The anatomic basis for combined ankle and common fibular (peroneal) nerve injuries. *Clin Anat.* 2012;25(3):401-6.
- Spinner RJ, Binaghi D, Socolovsky M, Amrari KK. Torsional injury to the ankle resulting in fibular neuropathy affects the common fibular nerve as well as its terminal branches, specifically, the articular branch. *Clin Anat.* 2012;25(4):515-7.



12. Mitsiokapa EA, Mavrogenis AF, Antonopoulos D, Tzanos G, Papagelopoulos PJ. Common peroneal nerve palsy after grade I inversion ankle sprain. *J Surg Orthop Adv*. 2012;21(4):261-5.
13. Colville MR, Marder RA, Boyle JJ, Zarins B. Strain measurement in lateral ankle ligaments. *Am J Sports Med*. 1990;18:196-200.
14. Balduini FC, Tetzlaff J. Historical perspectives on injuries of the ligaments of the ankle. *Clin Sports Med*. 1982;1:3-12.
15. Hayes DW, Mandracchia VJ, Webb GE. Nerve injury associated with plantar flexion-inversion ankle sprains. *Clin Podiatr Med Surg*. 2000;17:361-9.



Fe de errores

## Fe de errores de «Composición corporal en escolares de primaria y su relación con el hábito nutricional y la práctica reglada de actividad deportiva»



Erratum to “Body composition in elementary school and its relationship with nutritional habits and formal practice sports activity”

F.J. Alonso<sup>a,\*</sup>, M.D. Carranza<sup>a</sup>, J.D. Rueda<sup>b</sup> y J. Naranjo<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Centro Andaluz de Medicina del Deporte, Sevilla, España

<sup>b</sup> Colegio Purísima Concepción. La Algaba, Sevilla, España

<sup>c</sup> Departamento de Deporte e Informática, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

En el artículo «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):137-142), se ha detectado un error en la composición de la tabla 6. La tabla correcta se reproduce a continuación:

Dicho error se ha corregido en la versión online del artículo disponible en [www.elsevier.es/ramd](http://www.elsevier.es/ramd).

**Tabla 6**

Comparación de nuestros resultados en porcentaje con los del estudio EnKid para los niños/niñas en el grupo de edad de 6-9 años

	Sobrepeso			Obesidad		
	CDC	Cole	Orbegozo	CDC	Cole	Orbegozo
<i>Niños</i>						
EnKid	43	37	37,7	20,7	11,2	21,7
OBIN	44,9	34,8	29	27,5	13	18,8
Diferencia	1,9	-2,2	-8,7	6,8	1,8	-2,9
<i>Niñas</i>						
EnKid	31,8	29,9	22,9	9,7	7,1	9,8
OBIN	32,4	31,1	20,3	18,9	12,2	6,8
Diferencia	0,6	1,2	-2,6	9,2	5,1	-3

Véase contenido relacionado en DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2014.08.001>

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [javier.alonso.ext@juntadeandalucia.es](mailto:javier.alonso.ext@juntadeandalucia.es) (F.J. Alonso).

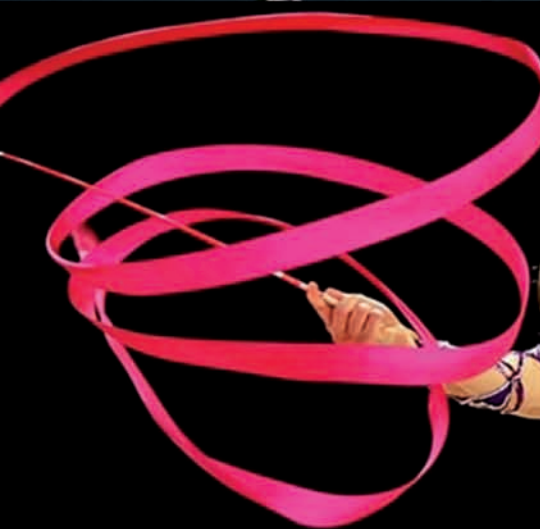
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.04.001>

1888-7546/© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



# ARISTO

Project



Proyecto cofinanciado por la Unión Europea

ARISTO es un proyecto cofinanciado por la Unión Europea, que surge con la finalidad de mejorar las condiciones de entrenamiento y competición de jóvenes deportistas, mediante la creación de un Protocolo de Seguimiento (consistente en diferentes pruebas médicas y funcionales). El objetivo es controlar y prevenir potenciales problemas de salud, evaluando las condiciones físicas de los deportistas en diferentes modalidades deportivas, para optimizar las cargas de entrenamiento y evitar la aparición de potenciales lesiones.

Las disciplinas deportivas incluidas en esta fase del proyecto son: bádminton, triatlón, voleibol, gimnasia rítmica y balonmano





**JUNTA DE ANDALUCÍA**

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE

CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

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

Teléfono  
955 540 186

Fax  
955 40 623

e-mail  
[ramd.ccd@juntadeandalucia.es](mailto:ramd.ccd@juntadeandalucia.es)