

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 4 Número. 3

Septiembre 2011



Originales

Quantitative analysis of kayak paddling technique: definition of an optimal stroke profile

El Kinesio Taping® no afecta a la morfología y función vascular en sujetos sanos. Estudio piloto

Hallazgos electrocardiográficos más frecuentes en deportistas de la provincia de Córdoba

¿Mejora la cafeína el rendimiento en pruebas repetidas de velocidad en jugadores de fútbol jóvenes?

Follow-up study of diet nutritional and physical state of young expert Alpine skiers at a training camp

Revisión

Entrenamiento de fuerza combinado con oclusión parcial superimpuesta.
Una revisión

ISSN: 1888-7546

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Edita

Centro Andaluz de Medicina del Deporte.
Consejería de Turismo, Comercio y Deporte.

Dirección

Leocricia Jiménez López

Editor

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

Coordinación Editorial

ramd.ctcd@juntadeandalucia.es
Clemente Rodríguez Sorroche
(Servicio de Información, Documentación, Estudios y Publicaciones)

Asesor legal

Salvador Espinosa Soler

Comité Editorial

Miembros del Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Juan de Dios Beas Jiménez
Carlos de Teresa Galván
Leocricia Jiménez López

Ramón Antonio Centeno Prada
José Ramón Gómez Puerto
Covadonga López López

Marzo Edir Da Silva Grigoletto
Bernardo Hernán Viana Montaner

Comité Científico

Alexandre García Mas
(Fundación Mateu Orfila, España)
Ary L. Goldberger
(Harvard Medical School, Boston, USA)
Benedito Denadai
(Universidade Estadual de Campinas, Brasil)
Benno Becker Junior
(Universidade Luterana do Brasil, Brasil)
Borja Sañudo Corrales
(Universidad de Sevilla, España)
Carlos Lago Peñas
(Universidad de Vigo, España)
Carlos Ruiz Cosano
(Universidad de Granada, España)
Carlos Ugrinowitsch
(Universidade de São Paulo, Brasil)
Clodoaldo Antonio de Sá
(Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Brasil)
Dartagnan Pinto Guedes
(Universidade de Estadual de Londrina, Brasil)
David Jiménez Pavón
(Universidad de Zaragoza, España)
David Rodríguez Ruiz
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España)
Diana Vaamonde
(Universidad de Córdoba, España)
Elisa Muñoz Gomariz
(Hospital Universitario Reina Sofía, España)

Eloy Cárdenas Estrada
(Universidad de Monterrey, México)
Elsa Esteban Fernández
(Universidad de Granada, España)
Estélio Henrique Martin Dantas
(Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Brasil))
Francisco Trujillo Berraquero
(Hospital U. Virgen Macarena, España)
Guadalupe Garrido Pastor
(Universidad Politécnica de Madrid, España)
Italo Monetti
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)
Ivan Chulvi Medrano
(Servicio de Actividad Física de NOWYOU, España)
Jesús Rodríguez Huertas
(Universidad de Granada, España)
Jonatan Ruiz Ruiz
(Universidad de Granada, España)
José Alberto Duarte
(Universidade do Porto, Portugal)
José Carlos Jaenes
(Universidad Pablo Olavide, España)
José Naranjo Orellana
(Universidad Pablo Olavide, España)
José Ramón Alvero Cruz
(Universidad de Málaga, España)
Juan Manuel García Manso
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España)

Juan Marcelo Fernández
(Hospital Reina Sofía, España)
Juan Ribas Serna
(Universidad de Sevilla, España)
Luis Carrasco Pérez
(Universidad de Sevilla, España)
Madalena Costa
(Harvard Medical School, Boston, USA)
Miguel del Valle Soto
(Universidad de Oviedo, España)
Mikel Izquierdo
(CEIMD, Gobierno de Navarra, España)
Moisés de Hoyo Lora
(Universidad de Sevilla, España)
Natàlia Balagué
(Universidad de Barcelona, España)
Nick Stergiou
(University of Nebraska, USA)
Nicola A. Maffioletti
(Schulthess Klinik, Zürich, Suiza)
Nicolás Terrados Cepeda
(Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias)
Xavier Aguado Jódar
(Universidad de Castilla-La Mancha, España)



ELSEVIER
DOYMA

Travessera de Gràcia, 17-21
Tel.: 932 000 711
08021 Barcelona

José Abascal, 45
Tel.: 914 021 212
28003 Madrid

Publicación trimestral (4 números al año).

© Copyright 2011 Centro Andaluz de Medicina del Deporte
Glorieta Beatriz Manchón, s/n (Isla de la Cartuja) 41092 Sevilla
Reservados todos los derechos. El contenido de la presente publicación no puede ser reproducido, ni transmitido por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética, ni registrado por ningún sistema de recuperación de información, en ninguna forma, ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de explotación de la misma. ELSEVIER ESPAÑA, a los efectos previstos en el artículo 32.1 párrafo segundo del vigente TRLPI, se opone de forma expresa al uso parcial o total de las páginas de REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE con el propósito de elaborar resúmenes de prensa con fines comerciales.
Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

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

Disponible en internet: www.elsevier.es/RAMD

Protección de datos: Elsevier España, S.L., 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.ctcd@juntadeandalucia.es

Impreso en España

Depósito legal: SE-2821-08
ISSN: 1888-7546

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 4 Número 3

Septiembre 2011

Originales

- 91 Quantitative analysis of kayak paddling technique: definition of an optimal stroke profile
C. López López y J. Ribas Serna
- 96 El Kinesio Taping® no afecta a la morfología y función vascular en sujetos sanos. Estudio piloto
R. Ramírez-Vélez, J.G. Ortega, R.A. Agredo Zúñiga, L. Núñez Cuartas y C.A. López Albán
- 101 Hallazgos electrocardiográficos más frecuentes en deportistas de la provincia de Córdoba
J.R. Gómez-Puerto, B.H. Viana-Montaner, M.L. Rivilla, E. Romo y M.E. Da Silva-Grigoletto
- 109 ¿Mejora la cafeína el rendimiento en pruebas repetidas de velocidad en jugadores de fútbol jóvenes? (artículo en portugués)
L.A. Pereira, H. Bortolotti, B.N. Pasquarelli, J.A.B. Pedroso, A. Avelar, C. Estanislau e L.R. Altimari
- 114 Follow-up study of diet nutritional and physical state of young expert Alpine skiers at a training camp
M. Mariscal-Arcas, C. Monteagudo, A. Palacin-Arce, J. A. Tur, M. C. Fernández de Alba, F. Olea-Serrano

Revisión

- 121 Entrenamiento de fuerza combinado con oclusión parcial superimpuesta. Una revisión
I. Chulvi-Medrano

Sumario

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 4 Number 3

September 2011

Original Articles

- 91 Quantitative analysis of kayak paddling technique: definition of an optimal stroke profile
C. López López and J. Ribas Serna
- 96 The Kinesio Taping® does not affect vascular function and morphology in healthy subjects. A pilot study
R. Ramírez-Vélez, J.G. Ortega, R.A. Agredo Zúñiga, L. Núñez Cuartas and C.A. López Albán
- 101 More frequent electrocardiographic findings in athletes in the province of Cordoba
J.R. Gómez-Puerto, B.H. Viana-Montaner, M.L. Rivilla, E. Romo and M.E. Da Silva-Grigoletto
- 109 The caffeine improves performance in repeated sprints ability test in young soccer players?
L.A. Pereira, H. Bortolotti, B.N. Pasquarelli, J.A.B. Pedroso, A. Avelar, C. Estanislau and L.R. Altimar
- 114 Follow-up study of diet nutritional and physical state of young expert Alpine skiers at a training camp
M. Mariscal-Arcas, C. Monteagudo, A. Palacin-Arce, J. A. Tur, M. C. Fernández de Alba and F. Olea-Serrano

Review Article

- 121 Resistance training combined with superimposed partial occlusion. A review
I. Chulvi-Medrano

Contents



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2011;4(3):110-00

www.elsevier.es/ramd



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

Quantitative analysis of kayak paddling technique: definition of an optimal stroke profile

C. López López^a y J. Ribas Serna^b

^aCentro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla. España.

^bDepartamento de Fisiología Médica y Biofísica. Facultad de Medicina. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

History of the article:

Received January 9, 2011

Accepted May 13, 2011

Key words:

Kayaking.

Wing blade.

Optimal stroke profile.

ABSTRACT

Aim. To quantify the path of the paddle and to define the area swept by it in its aerial and aquatic movement.

Methods. 3D motion techniques were used to analyse the stroke of six elite kayakers from the Spanish national team (age: 24.7 ± 1.7 years, body mass: 87.4 ± 4.2 kg, height: 1.80 ± 0.05 m, seated height: 97.8 ± 0.5 cm). The kinematic variables calculated to define the biomechanics of the paddle movements were: paddle advance and separation; frontal and lateral water-paddle angle.

Results. No significant differences were observed between the strokes of the six paddlers, so an Optimal stroke profile (OSP) was defined as the mean of the six strokes.

Conclusion. The OSP can be considered as the canon of the ideal stroke and any deviation from this can reduce the effectiveness of the paddling, because it means that any of the variables is out of the ideal mean.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

RESUMEN

Análisis cuantitativo de la técnica de paleo en kayak: definición del perfil óptimo de remar (POR)

Objetivo. Cuantificar el trayecto del remo y definir el área de barrido en su movimiento aéreo y acuático.

Métodos. Se utilizaron técnicas de movimiento en 3D para analizar el barrido de seis atletas de elite de kayak en el equipo nacional español (edad: $24,7 \pm 1,7$ años, masa corporal: $87,4 \pm 4,2$ kg, altura: $1,80 \pm 0,05$ m, altura de sentado: $97,8 \pm 0,5$ cm). Las variables cinemáticas calculadas para definir los biomecánicos de los movimientos del palo fueron: avance de palo y separación y ángulo frontal y lateral de palo de agua.

Resultados. No se observaron diferencias significativas entre los barridos de los seis palistas, así que definieron el perfil óptimo de remar (POR) como la media de seis barridos.

Conclusión. El POR puede considerarse como el criterio del barrido ideal y cualquier desviación de este puede reducir la eficacia del remar porque significa sacar cualquiera de las variables del medio ideal.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Palabras clave:

Kayak.

Pala en forma de cuchara.

Perfil óptimo de remar.

Correspondence:

C. López López.

Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Glorieta Beatriz Manchón s/n.

41092 Sevilla. España.

E-mail: covadonga.lopez@juntadeandalucia.es

Introduction

Scientific research in kayak flatwater paddling is mainly oriented: to analyse physiological responses to different tests¹⁻¹², to determine kayak paddling biomechanics¹³⁻¹⁶, to study anthropometric-somatotype of the paddlers^{17,18} and to assess overuse injuries¹⁹. However there is no research that provides a comprehensive description of the dynamics of the paddle movement.

In the mid 1980's a new paddle was designed called 'wing paddle' because its cross section is shaped like an airplane wing. The main difference between a wing paddle stroke and a traditional stroke is that the first one moves sideways, away from the boat, while the traditional one moves parallel to the boat. It is because the wing paddle is concave on the bottom side and in this way water flowing across the blade provides forward lift on the paddle, following the Bernoulli effect.

The interaction of the blade and the water is split into drag (D) and lift (L) forces acting parallel and normal respectively to the direction of the blade motion (relative to the water)²⁰. The drag force on the blade acts to resist the motion of the blade and has a component in the propulsive direction of the boat. Lift forces however act perpendicular to the direction of relative flow. The magnitude of lift and drag forces acting to propel the kayak vary depending on the angular displacement of the paddle in the sagittal plane relative to the kayak²¹.

Examining the mechanics of vortex-rings, less energy passed through to the water and was lost by a wing blade moving diagonally from the kayak than for a traditional blade moving parallel to it. The wing blade raised the efficiency from 74% to 89% compared to the traditional model because the resulting vortex area was much larger with the wing paddle than that produced with the traditional one²⁰.

We have only found one study to quantify the path and orientation of the blade²². The orientation of the submerged blade and the path of the centre of the blade were estimated from the known position of a marker projected from the paddle shaft in seven male and one female New Zealand National paddlers.

The results indicated that the paddlers varied considerably in their techniques. In particular, the paths of the blade centres varied considerably. All subjects moved the blade laterally away from the kayak until near the time of exit. At entry there was rapid motion in the forward as well as lateral directions. From about 0.07 to 0.1 seconds after entry of the tip, the blade centre had stopped its forward motion and begun moving backwards. The main variability among subjects was in the amount of backward movement of the blade.

Our aim is: a) to quantify the path of the blade in a group of six elite kayakers from the Spanish national team and define the area swept by it in its aerial and aquatic movement, and if no significance differences are found and b) to define the optimal stroke profile (OSP).

Methods

Subject

We present the case of six Olympic flatwater kayakers (age = 25 ± 2 yr, height = 180 ± 5 cm, body mass = 87 ± 4 kg, BMI = 27.0 ± 0.1 kg m⁻², seated height = 97.8 ± 0.5 cm), who train regularly about 28 hours/week. Anthropometric data available for male elite sprint kayak paddlers (table 1) suggest a homogenous shape and size, and are in the range of morphological characteristics of this population²³.

Table 1
Anthropometric data

	Paddlers (n = 6)	Ackland et al (2003)
Age (yr)	24,7 $\pm$ 1,7	24,8 $\pm$ 3,0
Body mass (kg)	87,4 $\pm$ 4,2	85,2 $\pm$ 6,2
Height (m)	1,80 $\pm$ 0,05	1,84 $\pm$ 0,06
Seated height (cm)	97,8 $\pm$ 0,5	96,9 $\pm$ 3,0

Experimental protocol

We analyse the 60 seconds of film recorded in the laboratory, two months before the Athens 2004 Olympic Games. Every kayaker completed a warm-up session seated in the kayak ergometer (Kayak ergometer, Dansprint Aps, Hvidovre, Denmark), at submaximal intensity to acclimatise himself to the paddling task and the laboratory environment. At the experimenter's signal, the kayaker performed a maximal sprint for 60 s, with encouragement from the technical director. The kayaker was not given any recommendations concerning the kayak technique.

Kinematic testing

Instrumentation

A three-dimensional videography system was employed (Kinescan®/IBV, Valencia, Spain). The capture module comprises four digital video cameras (CCTV Color, SSC-DC58AP, SONY) equipped with a flash system, and film with a sample rate of 50 Hz. Each couple of video camera and flash is placed 3 m height, in each corner of a laboratory (area = 42 m²).

The camera calibration required the calculation of the mapping between the 2D image space coordinates and the 3D object space coordinates. The DLT (Direct Linear Transformation) method uses a set of control points. The control points are fixed to a rigid frame, known as the calibration frame. We use a cubic cell of 8 m³ (PRODUC-0421-KIN-ACC Sist.Referencia 2x2x2, Kinescan®/IBV, Valencia, Spain).

The paddle model was described using spherical (diameter = 25,48 mm) reflective markers (MKR-25.4, B and L Engineering, California, EEUU), placed at its extremities.

Data analysis

We had to develop a computing tool that using the results obtained with Kinescan®/IBV could calculate the variables at the critical moments. The code and the guide were designed with Matlab 7.0²⁴. The kinematical variables calculated were:

- 1) Spatial variables (fig. 1):
 - Paddle advance (PA): defined as the distance along the kayak where the paddle enters the water.
 - Paddle separation (PS): defined as the distance perpendicular to the kayak where the paddle enters the water.
 - 2) Angular variables (fig. 1):
 - Frontal water-paddle angle (FA): defined as the angle between the paddle and the plane of the water projected in a frontal view.
 - Lateral water-paddle angle (LA): defined as the angle between the paddle and the plane of the water projected in a lateral view.
 All of them calculated starboard (s) and portside (p).
- Spline functions of fifth order were used as the smoothing technique, and the generalized cross-validation (GCV) method was used for the selection of smoothing parameters.

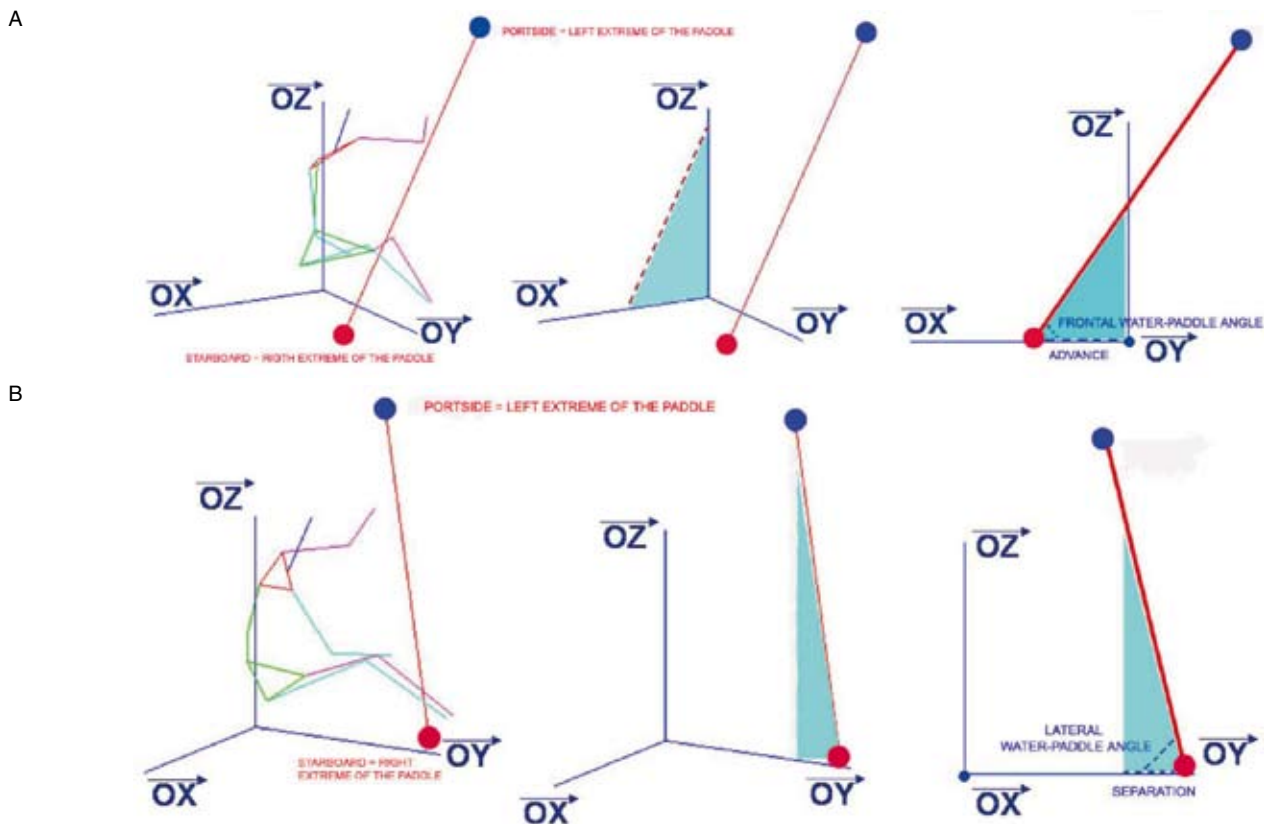


Fig. 1. A) 3D view of the kayaker with the paddle, and the definition of the advance and the frontal water-paddle angle. B) 3D view of the kayaker with the paddle, and the definition of the separation and the lateral water-paddle angle.

Statistical analysis

PA, PS, FA and LA were calculated in all the starboard attacks (PAs, PSs, FAs and LAs) and in all the portside attacks (PAp, PAp, FAp and LAp) in the 60 s film recording of each paddler. One stroke was chosen for each kayaker, as the stroke more similar to the mean. Once the six strokes (one per kayaker) were chosen, they were normalized to percentage of stroke and the mean of all of them is defined as the OSP.

All data were analysed by statistical software (SPSS version 12, SPSS Inc., Chicago, USA) using analysis of variance (ANOVA) with repeated measures (stroke). Statistical significance was set at $p = 0.01$ and reported as actual P -value²⁵.

Results

The results of the x , y , z coordinates of the markers placed in the right (starboard) and in the left (portside) extreme of the paddle are shown in figure 2. Spatial variables calculated along the stroke of the six kayakers are shown in figure 3. No significant differences were observed between the strokes of the six paddlers, so we define the OSP as the mean of the six strokes. Figure 4 shows the OSP in a three-dimensional, zenital, frontal and lateral view. Blue marker is the one placed in the left (portside) extreme and red marker is the one placed in the right (starboard) extreme. The coloured surface is the area swept by the paddle in its aerial and aquatic movement, calculated as the mean of the strokes of each kayaker.

Table 2 gives the angular and spatial variables calculated as the mean of the right (starboard) and left (portside) attack results.

Discussion

The results obtained prove that there is no significant difference between the kinematic variables that define the strokes of the six kayakers. Taking into account that the paddlers are kayakers of international competitive level in the 500 m and 1000 m sprint flat-water events who got excellent marks, we can consider that the biomechanics of their paddling technique is an effective one. Once we calculate the mean of the six strokes, the OSP is defined as the canon of the ideal stroke, the envelope of a model paddling that marks the spatial limits for an optimal performance. Any deviation from the OSP can reduce the effectiveness of the paddling.

The main disputable point of this study is that all tests were realized in a kayak ergometer and differences in technique between kayak ergometry and on-water kayaking might alter the results. However, the kayakers of this research are used to training with ergometers, their paddling technique in it is very assimilated, and the advantage of the laboratory test is that the environmental conditions (air temperature, wind speed and its direction, the waves produced and relative humidity may affect an athletic performance) are the same for all subjects.

The latest advance in the kayak equipment is a swivel seat¹. A recent study concludes that there's a 6.5% increase in power output using a swivel seat, which could be a significant advantage during on-water

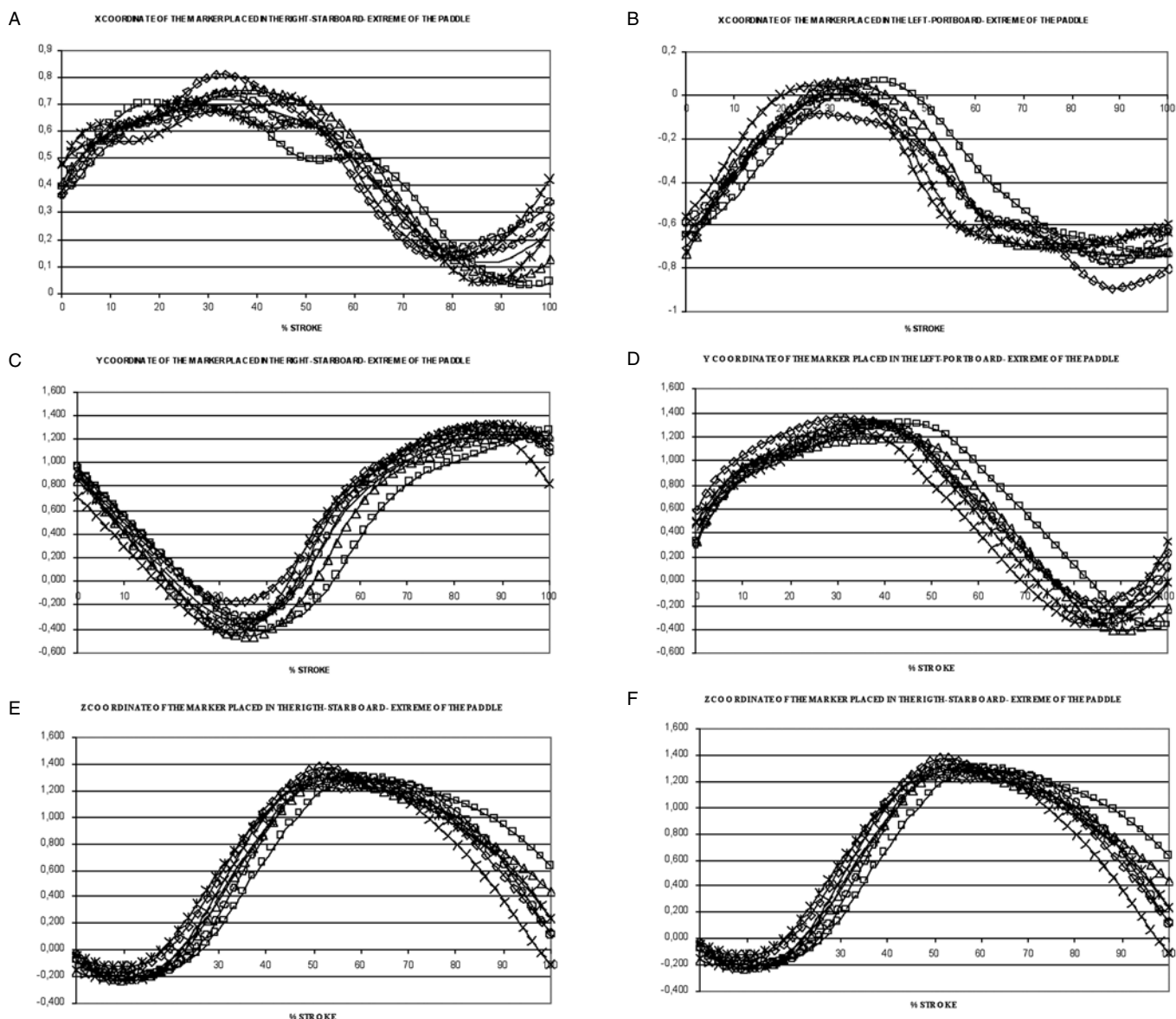


Fig. 2. A) X coordinate of the marker placed in the right (starboard) extreme of the paddle. B) X coordinate of the marker placed in the left (portside) extreme of the paddle. C) Y coordinate of the marker placed in the right (starboard) extreme of the paddle. D) Y coordinate of the marker placed in the left (portside) extreme of the paddle. E) Z coordinate of the marker placed in the right (starboard) extreme of the paddle. F) Z coordinate of the marker placed in the left (portside) extreme of the paddle.

*Kayaker 1; Δ Kayaker 2; $\circ$ Kayaker 3; $\square$ Kayaker 4; $\diamond$ Kayaker 5; $\times$ Kayaker 6; — Mean = optimal stroke profile.

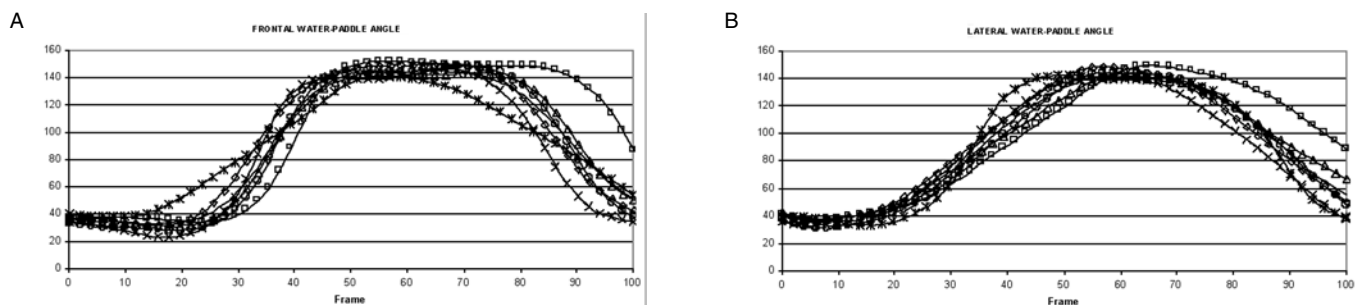


Fig. 3. A) Frontal water-paddle angle. B) Lateral water-paddle angle.

*Kayaker 1; Δ Kayaker 2; $\circ$ Kayaker 3; $\square$ Kayaker 4; $\diamond$ Kayaker 5; $\times$ Kayaker 6; — Mean = optimal stroke profile.

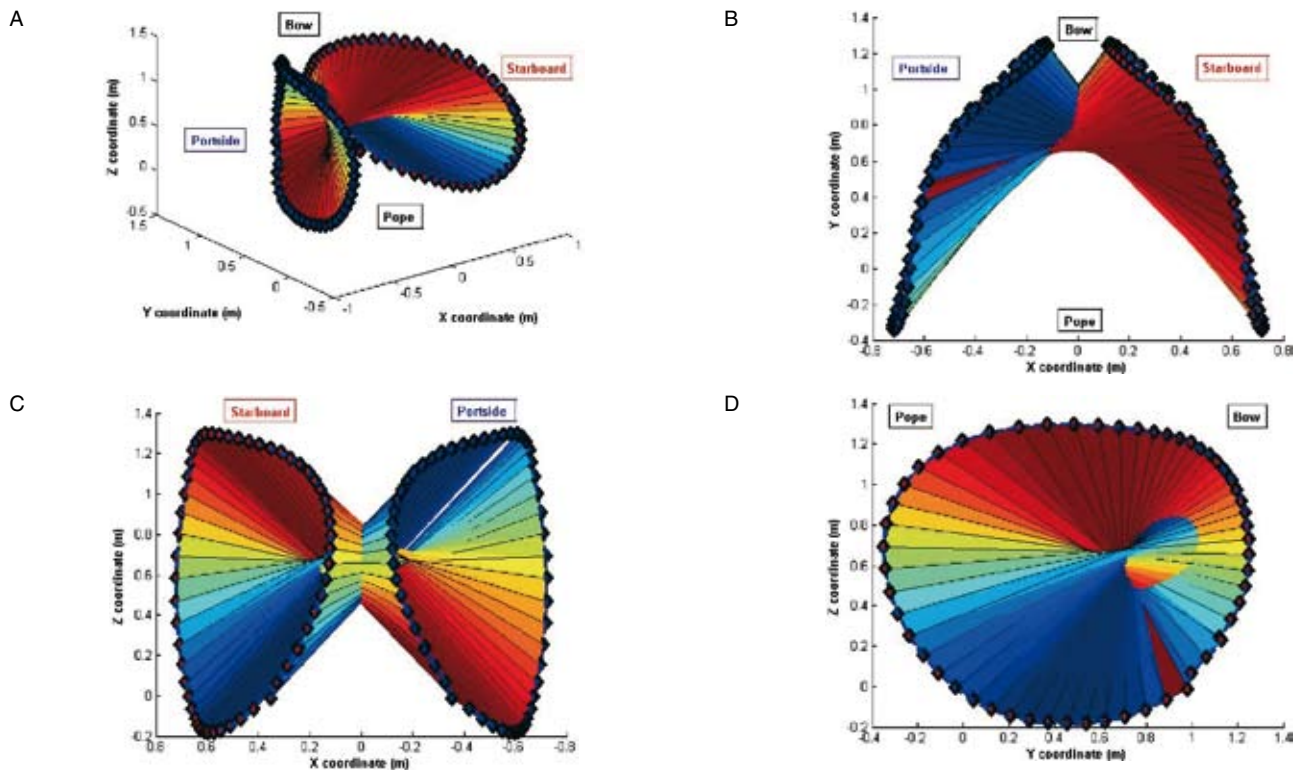


Fig. 4. A) 3D view of the OSP: optimal stroke profile (OSP). B) Zenital view of the OSP. C) Frontal view of the OSP. D) Lateral view of the OSP.

Table 2

Angular and spatial variables calculated as mean of the right (starboard) and left (portboard) attack results

	OSP
Frontal water-paddle angle (°)	36,4 ± 1,8
Lateral water-paddle angle (°)	43,3 ± 1,6
Paddle advance (m)	1,009 ± 0,052
Paddle separation (m)	0,330 ± 0,040

OSP: optimal stroke profile.

competition if the results from ergometer test transfer. It would be interesting to analyse if there's any change in paddle movement, or if it only affects to the muscle recruitment during the kayak stroke.

References

1. Michael JS, Smith R, Rooney K. Physiological responses to kayaking with a swivel seat. *Int J Sports Med*. 2010;31(8):555-60.
2. Van Someren KA, Howatson G. Prediction of flatwater kayaking performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008;3(2):207-18.
3. Forbes SC, Chilibeck PD. Comparison of a kayaking ergometer protocol with an arm crank protocol for evaluating peak oxygen consumption. *J Strength Cond Res*. 2007;21(4):1282-5.
4. Van Someren KA, Palmer GS. Prediction of 200-m sprint kayaking performance. *Can J Appl Physiol*. 2003;28(4):505-17.
5. Van Someren KA, Oliver JE. The efficacy of ergometry determined heart rates for flatwater kayak training. *Int J Sports Med*. 2002;23(1):28-32.
6. Van Someren KA, Phillips GR, Palmer GS. Comparison of physiological responses to open water kayaking and kayak ergometry. *Int J Sports Med*. 2000;21(3):200-4.
7. Zamparo P, Capelli C, Guerrini G. Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;80(6):542-8.
8. Billat LV, Koralsztejn JP. Significance of the velocity at VO2max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med*. 1996;22(2):90-108.
9. Billat V, Faina M, Sardella F, Marini C, Fanton F, Lupo S, et al. A comparison of time to exhaustion at VO2 max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics*. 1996;39(2):267-77.
10. Fry RW, Morton AR. Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakers. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(11):1297-301.
11. Pendergast DR, Bushnell D, Wilson DW, Cerretelli P. Energetics of kayaking. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1989;59(5):342-50.
12. Ridge BR, Pyke FS, Roberts AD. Responses to kayak ergometer performance after kayak and bicycle ergometer training. *Med Sci Sports*. 1976;8(1):18-22.
13. Michael JS, Smith R, Rooney KB. Determinants of kayak paddling performance. *Sports Biomech*. 2009;8(2):167-79.
14. Trevithick BA, Ginn KA, Halaki M, Balnave R. Shoulder muscle recruitment patterns during a kayak stroke performed on a paddling ergometer. *J Electromyogr Kinesiol*. 2007;17(1):74-9.
15. Mann RV, Kearney JT. A biomechanical analysis of the Olympic-style flatwater kayak stroke. *Med Sci Sports Exerc*. 1980;12(3):183-8.
16. Plagenhoef S. Biomechanical analysis of Olympic flatwater kayaking and canoeing. *Res Q*. 1979 Oct;50(3):443-59.
17. Flodgren G, Hedelin R, Henriksson-Larsén K. Bone mineral density in flatwater sprint kayakers. *Calcif Tissue Int*. 1999;64(5):374-9.
18. McKean MR, Burkett B. The relationship between joint range of motion, muscular strength, and race time for sub-elite flat water kayakers. *J Sci Med Sport*. 2010;13(5):537-42.
19. Shephard RJ. Science and medicine of canoeing and kayaking. *Sports Med*. 1987;4(1):19-33.
20. Jackson PS. Performance prediction for Olympic kayakers. *J Sports Sci*. 1995;13(3):239-45.
21. Boudouin A, Hawkins D. A biomechanical review of factors affecting rowing performance: A review. *Br J Sports Med*. 2002;36(6):396-402; discussion 402.
22. Kendal SJ, Sanders RH. The technique of elite flatwater kayak paddlers using the wing paddle. *Int J Sports Med*. 2002;23(1):28-32.
23. Ackland TR, Ong KB, Kerr DA, Ridge B. Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *J Sci Med Sport*. 2003;6(3):285-94.
24. The MathWorks, Inc [sede Web]. Matlab Contents. Disponible en: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/matlab.shtml>
25. Sterne JAC, Smith GD. Sifting the evidence – what's wrong with significance tests? *BMJ*. 2001;322(7280):226-31.



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2010;3(3):00-00

www.elsevier.es/ramd



Original

El Kinesio Taping® no afecta a la morfología y función vascular en sujetos sanos. Estudio piloto

R. Ramírez-Vélez^a, J.G. Ortega^a, R.A. Agredo Zúñiga^{a,b}, L. Núñez Cuartas^b y C.A. López Albán^b

^aDepartamento de Ciencias Fisiológicas. Universidad del Valle. San Fernando. Cali. Colombia.

^bCentro de investigación en Salud y Rendimiento Humano. Santa Rita. Cali. Colombia.

Historia del artículo:

Recibido el 20 de marzo de 2011

Aceptado el 28 de mayo de 2011

Palabras clave:

Función vascular.

Taping.

Estudio experimental.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar los efectos del Kinesio Taping® (KT) en la morfología y función vascular en sujetos sanos.

Métodos. Estudio experimental en 6 sujetos sanos. Se realizaron mediciones vasculares a través de pletismografía de alta resolución (complianza arterial, módulo elástico, índice beta de rigidez, registro gráfico de la onda de pulso, diámetro arterial sistólico y diastólico, flujo sistólico y diastólico, relación sístole/diástole, índice de resistencia e índice de pulsabilidad) en las extremidades superiores (extremidad control [EC], extremidad intervención [EI]), basales, post-ejercicio, con y sin KT.

Resultados. El promedio de edad de los participantes fue de $21,11 \pm 1,02$ años (rango 18 a 23 años). Se observaron cambios con significancia estadística en el flujo diastólico; relación sístole/diástole; índice de resistencia e índice de pulsabilidad en la EI entre la medida basal frente a la medida post ejercicio con KT, $p < 0,01$. Asimismo, en la EC en la medida basal frente a la medida con ejercicio, $p < 0,01$, en las variables de flujo diastólico, relación sístole/diástole e índice de resistencia. No se observaron diferencias en el índice de rigidez, la complianza arterial y el módulo elástico.

Conclusión. Los hallazgos del presente estudio indican que el KT no logró un efecto sobre el sistema vascular en sujetos sanos. La temporalidad o intensidad entre los procesos fisiológicos que determinan la morfología y fisiología vascular se alteran por otros mecanismos.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

The Kinesio Taping® does not affect vascular function and morphology in healthy subjects. A pilot study

Objective. The purpose of this pilot study is to describe the use of the Kinesio Taping® (KT) method for the upper extremity on vascular function and morphology in healthy subjects.

Methods. Experimental trial in six participants. Vascular measurements were performed by high-resolution plethysmography (arterial compliance, arterial elastic, beta index, pulse wave, arterial systolic and diastolic diameter, systolic and diastolic flow, systole/diastole index, resistance and pulsatility index) in the upper extremity, baseline and post-exercise with and without KT.

Results. The average age of participants was 21.11 ± 1.02 years (range 18 to 23 years). Changes were observed with statistical significance in diastolic flow, systole/diastole, index resistance and pulsatility index in the upper extremity with KT between the baseline values and post exercise, $p < 0.01$. Also in the upper extremity control, between the baseline values and post exercise without KT, in the systolic/diastolic index, index resistance and diastolic flow $p < 0.01$. There were no differences in the others components.

Conclusion. The findings of this study indicate that KT does not affect vascular system in healthy subjects. The timing or intensity between the physiological processes that determine the vascular morphology and physiology are altered by other mechanisms.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

R. Ramírez-Vélez.

Universidad del Valle.

Calle 4B 36-00.

Sede San Fernando Departamento de Ciencias

Fisiológicas. Edificio 116.

Santiago de Cali. Valle del Cauca. Colombia.

Correo electrónico: robin640@hotmail.com

Introducción

El Kinesio Taping® (KT) es una técnica utilizada actualmente para el tratamiento y prevención de diversas alteraciones musculoesqueléticas como luxaciones, desgarros músculo-tendinosos, síndromes dolorosos, etc.^{1,2}. Desde su creación en 1973 en Japón³, por el grupo del Dr. Kenso Kase, su uso terapéutico se ha basado en la aplicación de cintas finas elásticas que imitan las propiedades metabólicas de la piel, ajustándose a un segmento corporal, y permitiendo o inhibiendo un movimiento de forma específica. Teóricamente, esta técnica puede ser aplicada en cualquier músculo o articulación, ya que puede estirarse hasta en un 140% de su longitud. No presenta efectos adversos pues las cintas no contienen ningún medicamento y no existe ninguna diferencia física ni química entre los distintos colores del KT⁴⁻⁶.

Estudios recientes han demostrado que el KT tiene importantes efectos sobre los rangos de movilidad articular¹, el reclutamiento de unidades motoras⁷, el dolor y la inflamación². Sin embargo, autores como Fu et al⁸ encontraron que el KT no cambia la fuerza muscular o los rangos de movilidad en atletas jóvenes saludables. Sus creadores, el Dr. Kase et al³, han propuesto los siguientes beneficios: a) proporciona un estímulo de posición a través de la piel, b) alinea los tejidos faciales, c) crea más espacio mediante el levantamiento de la fascia y el tejido blando por encima del área de dolor o inflamación, d) proporciona estimulación sensorial para ayudar o limitar el movimiento y e) ayuda en la eliminación del edema, mediante la eliminación de exudados hacia los conductos linfáticos. Sin embargo, no hay estudios que hayan demostrado estos beneficios.

No obstante y de manera hipotética, una plausible evidencia fisiológica podría explicar en parte algunos de los efectos encontrados por el uso del KT. Para el manejo del dolor, se ha sugerido que esta técnica actúa a través de la teoría de la compuerta¹. Otros autores sugieren una mejoría en la propiocepción⁹⁻¹¹, la función motora¹² y la estabilidad articular¹³ por cambios en la función vascular, aunque esta hipótesis no tiene evidencia científica que la respalde, ya que en la práctica clínica esta técnica es aplicada en conjunto a ejercicios terapéuticos y modalidades físicas. De hecho, tanto los ejercicios terapéuticos como los agentes físicos inducen dilatación arterial, fenómeno denominado hiperemia activa, la cual es dependiente de la vasodilatación mediada por el endotelio y que es independiente de la inervación vascular¹⁴. La hiperemia se produce cuando la dilatación arterial y arteriolar dan lugar a un incremento del flujo sanguíneo (aumento del volumen) hacia los lechos capilares, con la apertura de los capilares inactivos, y se debe en parte a una relajación vascular miogénica y a la liberación de mediadores y metabolitos del tejido intervenido¹⁵, como serotonina, histamina, prostaglandinas¹⁶ y óxido nítrico¹⁷, estas dos últimas actuando en combinación.

Dada la escasa y contradictoria literatura científica sobre el KT, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del KT en la morfología y función vascular de sujetos sanos, con el propósito de comprender los posibles mecanismos responsables que esta técnica pueda inducir sobre el sistema vascular.

Método

Participantes

Se diseñó un estudio experimental en 6 sujetos sanos (3 varones y 3 mujeres) que procedían de una institución de educación superior de la ciudad de Cali (Colombia). La selección se realizó mediante convocatoria

y muestreo por intención y se excluyeron sujetos que presentaran síndromes cardiovasculares o trastornos endocrinos. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada participante y el Comité Ético del centro académico aprobó el estudio. El estudio se llevó a cabo siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki y la normativa legal vigente colombiana que regula la investigación en humanos (Resolución 00086 del Ministerio de Salud).

Valoración clínica y antropométrica

De cada sujeto se obtuvieron los siguientes datos: a) antecedentes familiares de riesgo cardiovascular y endocrinos (sobrepeso-obesidad, síndrome metabólico, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial primaria, dislipidemias hereditarias y adquiridas, eventos cardiovasculares en varones menores de 55 años y mujeres menores de 65 años); b) antecedentes personales; c) valoración antropométrica básica (peso y talla) mediante técnica estandarizada y d) medición de la presión arterial evaluada siempre por el mismo explorador y con el mismo instrumento de medida (método oscilométrico Dinamap® Welch Allyn, USA). Las determinaciones se realizaron en el brazo derecho, con el participante acostado cómodamente; el manguito se situó a la altura del corazón, ajustando el tamaño al diámetro del brazo; de cada sujeto se obtuvieron tres determinaciones y se calculó el promedio. Con estos resultados se determinó la presión arterial media mediante la ecuación: presión diastólica + (presión sistólica – presión diastólica)/3. Las citadas mediciones se tomaron con dispositivos homologados y de acuerdo con las normas del Programa Biológico Internacional, elaborado por el *International Council of Scientific Unions* que recoge los procedimientos esenciales para el estudio biológico de las poblaciones humanas^{18,19}.

Mediciones de la morfología y función vascular mediante pletismografía de alta resolución

Se empleó ecógrafo SIEMENS® (SONOLINE G60, USA) con la aplicación denominada EchoTracking®. Las mediciones se llevaron a cabo en la arteria braquial de ambas extremidades, 5 cm por arriba de la articulación del codo, con el participante en decúbito supino, a una temperatura de 22-25° C, de acuerdo con el procedimiento descrito previamente por Celermajor et al²⁰ y Correti et al²¹ (fig. 1A). Se eligió la arteria braquial por ser un segmento corporal importante, cercano a la articulación glenohumeral, y por ser un sitio de mucha incidencia de lesiones. El participante estuvo en decúbito supino al menos 5 minutos antes de iniciar la exploración. El transductor se colocó de forma que la arteria braquial se pudiera observar en sentido longitudinal hasta maximizar los ecos procedentes de la interfase entre la media y la adventicia. Cuando se captó con nitidez esta línea de división, se colocaron los dos trazadores de que dispone el sistema sobre puntos de la interface, diametralmente opuestos. Una vez colocados, estos trazadores se desplazaron al mismo tiempo sobre la pared arterial, lo que permitió obtener un registro de la distancia entre ambos en función del tiempo. Se monitorizó con un electrocardiograma (ECG) durante la exploración para que el sistema pudiera detectar el inicio de la onda de pulso. Con esta técnica se obtuvo: a) registro gráfico de la velocidad vascular sistólica y diastólica; b) diámetro arterial máximo o sistólico (Ds), correspondiente al punto más elevado de cada pulso, momento en que el vaso está sometido a mayor presión (presión arterial sistólica [PAS]) y c) diámetro arterial mínimo o diastólico (Dd), correspondiente al punto más bajo, momento en que el vaso está sometido a menor presión (presión arterial diastólica [PAD])²² (figs. 1B y 1C).

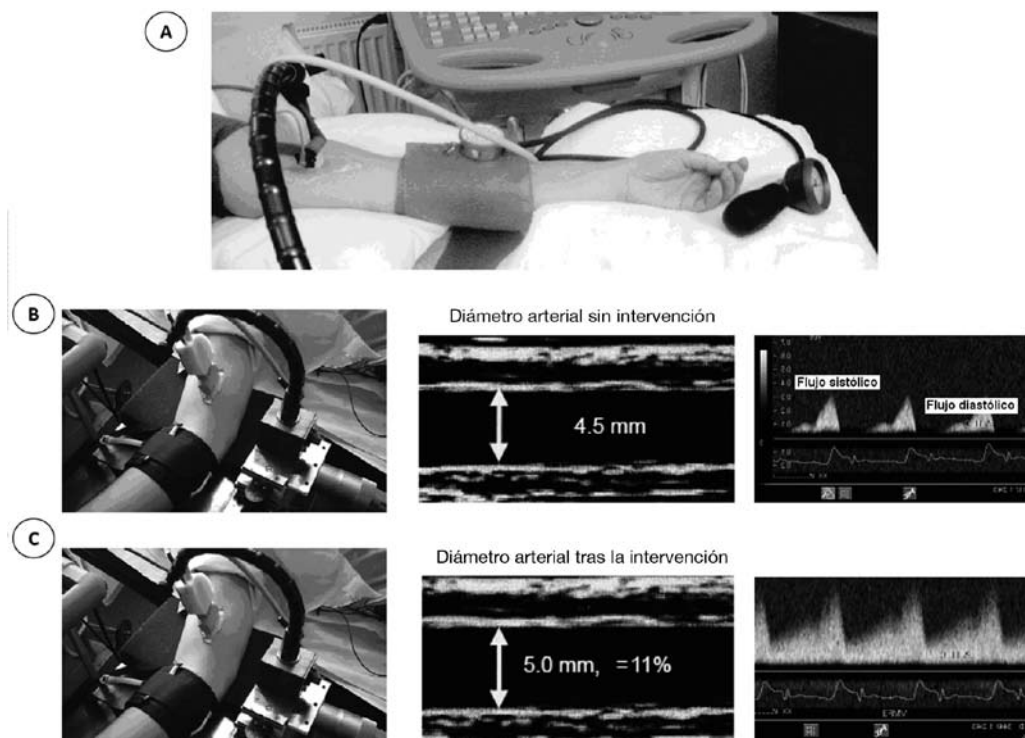


Fig. 1. Evaluación de la función vascular mediante señal con Doppler. A) El diámetro de la arteria braquial, flujo y velocidad vascular se midió en reposo y después de la intervención estática y dinámica con el Kinesio Taping®. B) Se observa el diámetro basal arterial y su dilatación (11%). C) Frente al estímulo del Kinesio Taping® y el ejercicio transitorio.

Todas las medidas las realizó el mismo investigador. Con los datos recogidos, el programa aplicó una serie de ecuaciones para calcular los parámetros relacionados con la elasticidad arterial:

- Complianza arterial (CA) (mm^2/kPa) = $\tau (Ds^2 - Dd^2) / 4 (PAS - PAD)$.
- Módulo elástico (Ep) (kPa) = $(PAS - PAD) Dd / (Ds - Dd)$.
- Índice de rigidez (índice β) = $\ln (PAS - PAD) / [(Ds - Dd) / Dd]$.

Intervenciones para estimar los cambios en la morfología y función arterial

Para comprobar el posible efecto vascular del KT los participantes fueron instruidos para que en una de sus extremidades tuviesen la aplicación del método KT -extremidad intervenida (EI)- con tres momentos de medición. Cada medida fue tomada 2 ± 1 minuto, post-intervención:

- 1) MBEI: medida basal en la EI, en reposo y sin la aplicación del KT (línea de base 1).
- 2) MEIKT: medida en la EI, inmediatamente después de aplicar el KT (medida estática).
- 3) MEIEKT: medida en la EI, con KT y después de realizar 50 repeticiones en patrón diagonal y movimiento activo libre al 50% y 80% de la resistencia muscular máxima (RM), para la extremidad superior (medida dinámica).

Como control del experimento se evaluó la otra extremidad sin KT -extremidad control- (EC) con la siguiente secuencia de medición:

- 1) MBEC: medida basal en la EC, en reposo y sin aplicación del KT (línea de base 2).
- 2) MECE: medida en la EC, después de realizar 50 repeticiones en patrón diagonal y movimiento activo libre para la extremidad superior, al 50 y 80% de la RM, sin aplicación del KT (fig. 2).

Técnica Kinesio Taping® utilizada en el estudio

Para la aplicación del KT (Kinesio®) se siguieron las técnicas y protocolos recomendados por los autores³. Se aplicó la cinta en cinco músculos (supraespinoso, deltoides, bíceps, tríceps, pectoral). Primero, se inició con el supraespinoso, músculo que proporciona principalmente estabilidad escapular que sirvió como estructura de anclaje, 3 cm por debajo de la tuberosidad mayor del húmero sin tensión. El participante realiza una aducción del hombro con flexión del cuello lateral hacia el lado opuesto y el resto de la banda se aplicó a lo largo de la apófisis espinosa de la escápula con tensión ligera (15-25%). En segundo lugar, se aplicó en el músculo deltoides, ubicando la cinta 3 cm por debajo de la tuberosidad deltoidea del húmero sin tensión. Las caras (colas) anterior y posterior recibieron una tensión aproximada entre el 15 y 25%. Se ubicaron a lo largo del borde del músculo deltoides respectivamente, sin tensión. En tercer lugar, se aplicaron cintas a los músculos tríceps y bíceps. Ambas tiras se ubicaron en la tuberosidad anterior por delante y detrás del húmero con tensión entre el 15 y 25%. Finalmente, una cinta en forma de "Y" se ubicó en el músculo pectoral mayor y menor con (15 y 25%) de tensión (fig. 3). La fijación del KT fue realizada por un fisioterapeuta con entrenamiento en la técnica (más de 2 años).

Método estadístico

El tratamiento estadístico se realizó con el programa informático SPSS, versión 15. Los resultados se expresaron como media $\pm$ desviación estándar. Se llevó a cabo una comparación de medias no paramétricas con el test de Wilcoxon. Para todas las mediciones se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

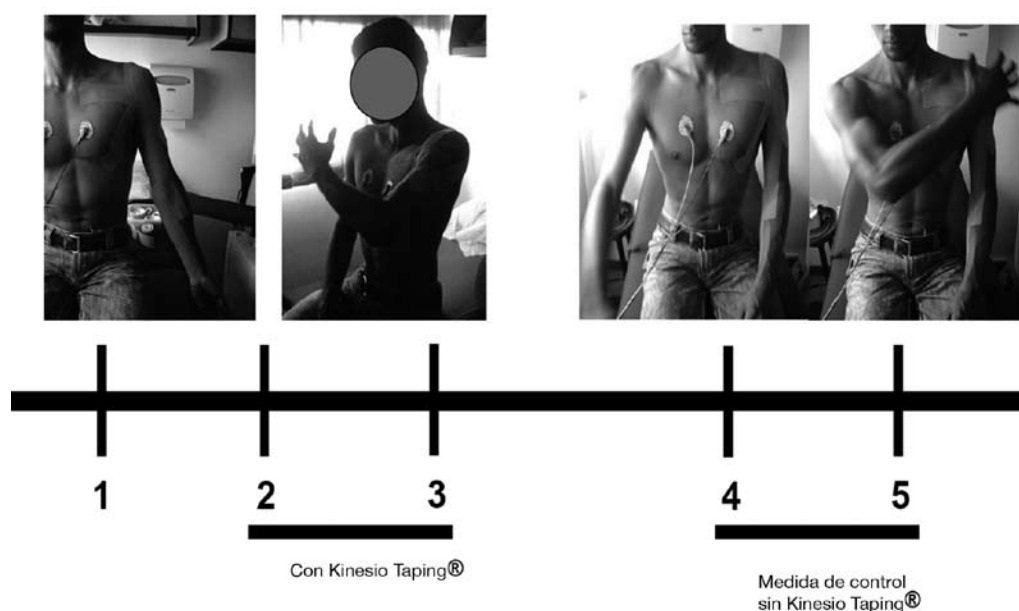


Fig. 2. Diseño del estudio.

Resultados

La muestra incluyó 6 participantes de edades comprendidas entre 18 y 23 años (3 varones y 3 mujeres), media de edad $21,11 \pm 1,02$. En la tabla 1, se presentan los resultados antropométricos, de presión arterial y de frecuencia cardíaca. Todos los parámetros evaluados se encontraban dentro del rango normal para la edad de los participantes.

Se observaron cambios con significación estadística en el flujo diastólico; relación sístole/diástole; índice de resistencia e índice de pulsabilidad en la EI en la medida basal frente a la medida post ejercicio con KT, $p < 0,01$. Asimismo en la EC, comparando la medida basal con la medida con ejercicio, $p < 0,01$, en las variables flujo diastólico, la relación sístole/diástole e índice de resistencia vascular. No se observaron diferencias en el índice de rigidez, la complianza arterial y el módulo elástico, (tabla 2).

Discusión

La pletismografía proporciona un medio simple para obtener medidas de función y estructura vascular. Su utilidad para estudiar en detalle la respuesta vascular ha recibido poca atención y, hasta donde llega nuestro conocimiento, no se ha empleado para evaluar el efecto del KT sobre la morfología y la función vascular. Asimismo, no se conoce el efecto de intervenciones realizadas con ejercicios activos libres en patrón diagonal sumado a técnicas de KT sobre la función vascular y complianza arterial, pero la evidencia experimental sí ha demostrado los efectos de la actividad muscular contráctil sobre la modificación vascular y metabólica¹⁶⁻²⁴.

Se han propuesto diversos índices que permiten caracterizar la función vascular, la rigidez arterial y los efectos de diferentes agentes físicos o intervenciones sobre el sistema vascular. En nuestro trabajo, se encontraron diferencias en el flujo diastólico; la relación sístole/diástole; el índice de resistencia y el índice de pulsabilidad entre la medida basal de la extremidad intervenida (MBEI) y la medida post ejercicio y aplicación de KT en la misma extremidad (MEIEKT), $p < 0,01$. Estas mismas diferencias fueron encontradas en la EC en las variables flujo diastólico; relación sístole/diástole e índice de resistencia vascular, $p < 0,01$. Este fenómeno encontrado a

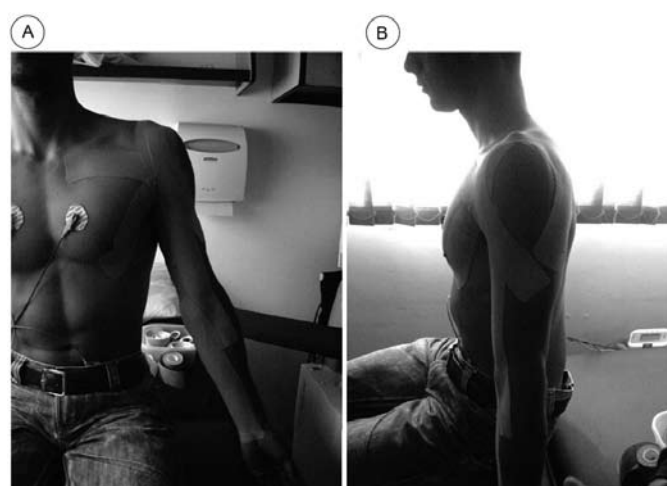


Fig. 3. Técnica Kinesio Taping® utilizada en el estudio.

Tabla 1

Resultados antropométricos, presión arterial y frecuencia cardíaca de los participantes

Variables	Media ($\pm$) DE
Edad (años)	$21,11 \pm 1,02$
Peso (kg)	$66,50 \pm 1,06$
Talla (cm)	$166,50 \pm 1,77$
IMC (kg/m^2)	$21,31 \pm 0,13$
PAS (mm Hg)	$125,33 \pm 0,24$
PAD (mm Hg)	$73,67 \pm 0,94$
PAM (mm Hg)	$75,56 \pm 0,63$
FC (lpm)	$67,83 \pm 2,24$

DE: desviación estándar; FC: frecuencia cardíaca; IMC: índice de masa corporal; PAD: presión arterial diastólica; PAM: presión arterial media; PAS: presión arterial sistólica.

nivel vascular es explicado por la respuesta del endotelio a las fuerzas del flujo sanguíneo pulsátil y de fricción que son estímulos fisiológicos responsables en parte de la liberación de sustancias vasoactivas como óxido nítrico. Estos hechos se producen durante la actividad muscular contráctil regular y son proporcionales a la intensidad de la misma. Se propone entonces que los ejercicios de activos libres, utilizados en este trabajo, al

Tabla 2

Resultados de los parámetros vasculares de los participantes (n = 6)

Variables	MBEI Línea de base 1	MEIKT	MEIEKT Línea de base 2	MBEC	MECE
Ds (mm)	3,08 ± 0,45	3,08 ± 0,58	3,41 ± 0,63	3,16 ± 0,66	3,38 ± 0,67
Dd (mm)	3,11 ± 0,46	3,16 ± 0,54	3,45 ± 0,67	3,25 ± 0,66	3,51 ± 0,67
Fs (cm/seg ³)	25,53 ± 5,91	31,70 ± 8,17	28,70 ± 14,41	24,01 ± 11,23	31,53 ± 4,67
Fd (cm/seg ³)	2,76 ± 1,41	5,06 ± 2,08	5,40 ± 0,81 ^a	3,25 ± 0,88	4,48 ± 1,02 ^b
S/D	10,49 ± 3,00	6,55 ± 1,17	5,74 ± 1,44 ^a	9,66 ± 3,88	7,20 ± 1,22 ^b
IR	0,89 ± 0,04	0,84 ± 0,02	0,82 ± 0,05 ^a	0,88 ± 0,04	0,85 ± 0,02 ^b
IP	2,14 ± 1,20	1,67 ± 0,61	2,01 ± 0,61 ^a	3,02 ± 1,94	2,24 ± 0,59
Índice de rigidez (β)	52,42 ± 9,12	55,85 ± 19,62	59,01 ± 14,20	50,09 ± 16,77	61,67 ± 22,05
Ca (mm ² /κPa)	0,08 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,09 ± 0,03	0,09 ± 0,03	0,09 ± 0,02
Ep (κPa)	186,31 ± 30,60	202,09 ± 78,67	209,85 ± 49,32	178,22 ± 59,13	222,17 ± 87,12

CA: complianza arterial; Dd: diámetro arterial mínimo o diastólico; Ds: diámetro arterial máximo o sistólico; Ep: módulo elástico; Fd: flujo diastólico; Fs: flujo sistólico; IP: índice de pulsatibilidad; IR: índice de resistencia; S/D: relación sístole/diástole. Ver otras convenciones en métodos.

^aMBEI frente a MEIEKT, p < 0,01.

^bMBEC frente a MECE, p < 0,01.

igual que las contracciones inducidas por la actividad isotónica muscular usando el KT, generan las mismas fuerzas hemodinámicas observadas en los parámetros pletismográficos vasculares. Por lo tanto, se demuestra que los cambios en la morfología y función vascular se alteran por la contracción muscular, como efecto de la reactividad endotelial de los vasos; el tono vascular y la resistencia periférica y no por el KT²³ (tabla 2).

Estos hallazgos son la primera evidencia experimental con técnicas pletismográficas encaminadas a evaluar los cambios en la morfología y función vascular local de la aplicación del KT. El método utilizado en este estudio sólo permite diferenciar el flujo entre los diferentes tejidos, por lo tanto, nuestras opiniones sobre el flujo sanguíneo muscular después de la aplicación del KT son meras conjeturas. Una limitación de nuestro trabajo fue la incapacidad para controlar el flujo vascular durante los ejercicios activos libres y la intensidad con y sin el uso del KT. Debido a esta limitación, cualquier aumento que se hubiese producido durante el tratamiento no fue registrado. Sin embargo, nuestra hipótesis fue comprobar los posibles efectos locales del KT sobre la morfología y función vascular y mantener ese cambio durante un período determinado, por lo tanto esta limitación no parece pertinente.

Finalmente, estas observaciones pueden proporcionar un punto de partida para la realización de estudios clínicos que busquen comprobar diferentes mecanismos que puedan explicar algunos beneficios demostrados en la aplicación del KT⁷⁻¹³. Los futuros estudios deberán explorar otros cambios fisiológicos y metabólicos para identificar los parámetros de estimulación que produciría un efecto máximo, prestando especial atención a la importancia de la magnitud de la tensión y puntos de anclaje de la técnica del KT.

Agradecimientos y financiación

Laboratorio de Proteínas y Enzimas de la Universidad del Valle.

Conflicto de intereses

Los autores del estudio declaran no tener conflicto de interés.

Bibliografía

- Thelen MD, Dauber JA, Stoneman PD. The clinical efficacy of Kinesio Tape for shoulder pain: a randomized, double-blinded, clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008;38:389-95.
- Jaraczewska E, Long C. Kinesio Taping in stroke: improving functional use of the upper extremity in hemiplegia. *Top Stroke Rehabil*. 2006;13:31-42.
- Kase K, Wallis J, Kase T. Clinical therapeutic applications of the Kinesio Taping method. Tokyo: Ken Ikai Co Ltd; 2003. p. 25-36.
- Kalichman L, Vered E, Volchek L. Relieving symptoms of meralgia paresthetica using Kinesio taping: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91:1137-9.
- Chang HY, Chou KY, Lin JJ, Lin CF, Wang CH. Immediate effect of forearm Kinesio taping on maximal grip strength and force sense in healthy collegiate athletes. *Phys Ther Sport*. 2010;11:122-7.
- Merino R, Mayorga D, Fernández E, Torres-Luque G. Effect of Kinesio taping on hip and lower trunk range of motion in triathletes. A pilot study. *J Sport Health Res*. 2010;2:109-18.
- Stupik A, Dwornik M, Białoszewski D, Zych E. Effect of kinesio taping on bioelectrical activity of vastus medialis muscle. Preliminary report. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2007;9:644-51.
- Fu TC, Wong AM, Pei YC, Wu KP, Chou SW, Lin YC. Effect of Kinesio taping on muscle strength in athletes: A pilot study. *J Sci Med Sport*. 2008;11:198-201.
- Yasukawa A, Patel P, Sisung C. Pilot study: investigating the effects of Kinesio Taping in an acute pediatric rehabilitation setting. *Am J Occup Ther*. 2006;60:104-10.
- Murray H, Husk LJ. Effect of kinesio taping on proprioception in the ankle. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001;31:A37.
- Osterhues DJ. The use of Kinesio Taping in the management of traumatic patella dislocation. A case study. *Physiother Theor Pract*. 2004;20:267-70.
- Frazier S, Whitman J, Smith M. Utilization of kinesio tex tape in patients with shoulder pain or dysfunction: a case series. *Advanced Healing*. 2006;18-20.
- Yoshida A, Kahanov L. The effect of kinesio taping on lower trunk range of motions. *Res Sports Med*. 2007;15:103-12.
- Duff F, Shepherd JT. The circulation in the chronically denervated forearm. *Clin Sci*. 1953;12:407-16.
- Shepherd JT. Circulation to skeletal muscle. En: Shepherd JT, Abboud FM, editores. *Handbook of physiology. The cardiovascular system. Peripheral circulation and organ blood flow*. Bethesda, MD: American Physiological Society; 1983. p. 319-70.
- Kilbom A, Wennmalm A. Endogenous prostaglandins as local regulators or blood flow in man: effect of indomethacin on reactive and functional hyperaemia. *J Physiol Lond*. 1976;257:109-21.
- Engelke KA, Halliwill JR, Proctor DN, Dietz NM, Joyner MJ. Contribution of nitric oxide and prostaglandins to reactive hyperemia in human forearm. *J Appl Physiol*. 1996;81:1807-14.
- Lohman JG, Slaughter MH, Boileau RA, Bunt J, Lussier L. Bone mineral measurements and their relation to body density in children, youths and adults. *Hum Biol*. 1984;56:667-9.
- Weiner JS, Lourie JA. Practical human biology. Londres: Academic Press; 1981. p. 53-70.
- Celermajer DS, Sorensen KE, Gock WM. Non invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. *Lancet*. 1992;340:1111-5.
- Correti CM, Anderson TJ. Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilation of the brachial artery: A report of the International Brachial Artery Reactivity Task Force. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39:257-65.
- Smith JJ, Kampine JP. Circulatory physiology: the essentials. 2nd ed. Baltimore, Md: Williams & Wilkins; 1984. p. 17.
- Otto ME, Svatikova A, Barretto RB, Santos S, Hoffmann M, Khandheria B, et al. Early morning attenuation of endothelial function in healthy humans. *Circulation*. 2004;109:2507-10.
- Manoel ME, Harris-Love MO, Danoff JV, Miller TA. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *J Strength Cond Res*. 2008;22:1528-53.



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2011;4(3):97-104

www.elsevier.es/ramd



Original

Hallazgos electrocardiográficos más frecuentes en deportistas de la provincia de Córdoba

J.R. Gómez-Puerto^a, B.H. Viana-Montaner^a, M.L. Rivilla^a, E. Romo^b y M.E. Da Silva-Grigoletto^a

^aCentro Andaluz de Medicina del Deporte. Córdoba. España.

^bServicio de Cardiología. Hospital Reina Sofía. Córdoba. España.

Historia del artículo:

Recibido el 4 de febrero de 2011

Aceptado el 30 de junio de 2011

Palabras clave:

Electrocardiograma basal.

Deportes.

Alteraciones electrocardiográficas.

RESUMEN

Objetivo. Describir los hallazgos electrocardiográficos más frecuentes y relevantes de deportistas de diferentes modalidades de la provincia de Córdoba. Secundariamente aportar valores de normalidad de algunos parámetros electrocardiográficos de referencia.

Métodos. Se analizaron 1.200 electrocardiogramas (ECG) de reposo según los siguientes criterios: alteraciones del ritmo, anomalías de la conducción, complejo QRS, trastornos de la repolarización e intervalo QT. Además, se clasificaron los ECG en dos subgrupos: normales o con leves trastornos eléctricos y claramente anormales.

Resultados. Se observó un alto porcentaje de ritmos sinusales y de trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular que afectan al QRS (77,7 y 37,8%, respectivamente). Por otra parte, los trastornos que afectan al intervalo PR presentaron un porcentaje escaso (4,2%) y los de la repolarización un 41,4%. El crecimiento ventricular izquierdo fue variable (25,7 a 54,4%) en función de los criterios de medida empleados; se observa una tendencia similar en las alteraciones de la onda T (32,4 frente a 18,3 frente al 11,3%). El QT corregido largo se halló en el 1,6% de los casos, siempre en hombres. El síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW) sólo se encontró en el 0,3% de los casos. Los ECG claramente anormales fueron del 36,2%. Estos resultados se han expresado también en relación con la edad, el sexo y la modalidad deportiva.

Conclusiones. El trastorno de la repolarización fue el hallazgo más frecuente, seguido de los trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular, observándose mayor frecuencia en niños y en practicantes de deportes con predominio de componente dinámico moderado. También se encontró un alto porcentaje de ECG claramente anormales. Además, se deriva que, de los tres criterios empleados para el análisis de las modificaciones del voltaje (QRS), el propuesto en este trabajo representa un umbral más alto para la clasificación de positividad.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

More frequent electrocardiographic findings in athletes in the province of Cordoba

Objective. To describe the most frequent and important electrocardiographic findings in athletes of different modalities in the province of Cordoba. Also to provide normality values for some reference electrocardiographic parameters.

Methods. A total of 1,200 electrocardiograms (ECGs) at rest were analyzed according to the following criteria: rhythm abnormalities, conduction changes, QRS complex, repolarization changes and QT interval. In addition, they classified the ECGs into two subgroups: normal or with mild electrical disorders and clearly abnormal.

Results. A high percentage of sinus rhythms and nonspecific disorders of the intraventricular conduction that affect the QRS (77.7 and 37.8%, respectively) were observed. On the other hand, the disorders that affect the PR interval showed a scarce percentage (4.2%) and those of repolarization 41.4%. Left ventricular growth was variable (25.7 to 54.4%) based on the measurement criteria used. A similar tendency was observed in the T wave changes (32.4 versus 18.3 versus 11.3%). Corrected long QT was found in 1.6% of the cases, always in men. The Wolff-Parkinson-White Syndrome (WPW) was only found in 0.3% of the cases. There were 36.2% clearly abnormal ECGs. These results have also been stated in relation to age, gender and sport's modality.

Conclusions. The repolarization disorder was the most frequent finding, followed by nonspecific disorders of intraventricular conduction. Greater frequency was observed in children and those practicing sports with predominance of moderate dynamic component. A high percentage of clearly abnormal ECGs was also found. In addition, it is derived that from the three criteria used for the analysis of the voltage changes (QRS), the proposal in this work represents a higher threshold for the classifications of positivity.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Key words:

Baseline electrocardiogram.

Sports.

Electrocardiographic abnormalities.

Correspondencia:

J.R. Gómez Puerto

Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Plaza de Vistalegre, s/n. Puerta Oeste.

14004 Córdoba.

Correo electrónico: joser.gomez.puerto@

juntadeandalucia.es

Introducción

La motivación hacia la práctica deportiva es cada vez mayor, dados los diversos beneficios asociados a la realización de una actividad física regular, y sobre los que hoy día nadie se plantea dudas^{1,2}.

No obstante, la muerte súbita (MS) en deportistas, aun siendo de escasa incidencia, es un acontecimiento de gran repercusión social y médica^{3,4}, y constituye uno de los sucesos más impactantes, al ocurrir en individuos generalmente jóvenes y en los que se supone un estado de salud ideal⁵. Igualmente, es bien conocido que la mayoría de casos de MS se deben a alguna anomalía cardiovascular⁶⁻⁸ y, aunque posiblemente las cifras publicadas infravaloran la magnitud del problema⁹, en la literatura encontramos escasos trabajos con datos referentes a España¹⁰.

Los reconocimientos médicos antes de practicar un deporte son convenientes y necesarios¹⁰, aunque los protocolos que se deben utilizar son motivo de controversia^{3,11} y debate por el costo-beneficio de las estrategias para identificar enfermedades cardíacas potencialmente letales^{7,12}. De hecho, en los años 80 y 90, se establecieron procedimientos de valoración de la aptitud mediante cuestionarios, generalmente autoadministrados, mucho más económicos^{13,14}. Según Pons¹⁵, el reconocimiento cardiológico, previo a la actividad deportiva, debe constituir una parte del reconocimiento médico global. A su vez, el reconocimiento cardiológico básico debería incluir una anamnesis exhaustiva, exploración física, electrocardiograma (ECG) de reposo de 12 derivaciones y prueba de esfuerzo, al menos submáxima⁵.

De la misma manera, la utilización del ECG de reposo también es objeto de polémica. Por un lado, diversas organizaciones estadounidenses han propuesto un tipo de reconocimiento tan sencillo que no lo incluye, existiendo autores¹⁶⁻¹⁸ que desaconsejan su uso rutinario por motivos económicos y su escasa capacidad para detectar anomalías cardíacas, especialmente las que pueden provocar MS. Si bien la guía de la *American Heart Association*⁷, sobre *screening* preparticipación en jóvenes atletas, aún está vigente, no cuenta con el apoyo de la mayoría de los expertos en cardiología y medicina del deporte, quienes avalan y aconsejan la adopción de un test de *screening* cardiovascular más completo, que incluya un ECG basal como parte fundamental del reconocimiento previo^{9,11,12,19-22}.

En contraposición al anterior planteamiento, la organización médico-deportiva italiana propugna, desde los años 70, un procedimiento diagnóstico previo a la práctica deportiva que incluye como mínimo la realización de un examen médico general, un ECG de 12 derivaciones y un test submáximo de esfuerzo, con tests adicionales si existe sospecha de patología cardíaca. En caso de atletas de élite incluyen también ecodoppler cardíaco²². En España, aún sin existir la obligatoriedad del ECG en el reconocimiento deportivo básico y sin ser exigida por la totalidad de las federaciones deportivas, para expedir las correspondientes licencias federativas, la Sociedad Española de Cardiología y la *European Society of Cardiology*, recomiendan un protocolo intermedio entre ambos modelos que incluye, como básico, la realización de un ECG de reposo^{5,23}.

Los efectos y cambios encontrados en el ECG del deportista, desde los años 60, han sido considerados como expresión de las adaptaciones morfológicas y funcionales del corazón entrenado, y de forma específica con el mayor predominio del tono vagal²⁴⁻²⁶, mostrando, con frecuencia, patrones anómalos²⁷ sugestivos de adaptación al entrenamiento y también de patología cardíaca. Corrado et al²⁸ informan de la alta eficacia del ECG de reposo sobre la tasa de muerte cardiovascular en jóvenes deportistas de competición de entre 12 y 35 años de edad.

Por todo lo anteriormente expresado, es clara la utilidad del ECG de reposo en el reconocimiento médico para la aptitud deportiva, apoyándose el uso extensivo del mismo en los programas de evaluación sistemática sobre los atletas de élite como los que se llevan a cabo en Italia²². Se sabe que el ECG permite conocer las múltiples variantes electrocardiográficas de los deportistas (por ejemplo, trastornos en la conducción, modificaciones del QRS y trastornos de la repolarización)^{19,29-31}, informa de su relevancia clínica y pronóstico¹⁹ y permite saber las características del síndrome del corazón del deportista y su diagnóstico diferencial con hipertrofias patológicas^{24,25,32}. En este sentido, Corrado et al²⁰ describieron que un programa de cribado, basado en el ECG, es un medio eficiente para detectar miocardiopatía hipertrófica (ECG anormal en el 90% de los casos) en la población de atletas jóvenes.

Después de revisar la literatura científica, no se han encontrado datos referentes a alteraciones electrocardiográficas y variantes de la normalidad en la población deportiva andaluza. El objetivo del presente estudio ha sido analizar los ECG realizados a deportistas de la provincia de Córdoba de diferentes modalidades, con el propósito de describir, de forma crítica, los hallazgos electrocardiográficos más frecuentes y relevantes; y secundariamente establecer y aportar valores de normalidad de algunos parámetros electrocardiográficos, que puedan servir de referencia.

Métodos

Participantes

Se han valorado, durante el período 2006-2010, los ECG de reposo de 1.200 deportistas de ambos sexos, siendo el 71,2% hombres y el 28,8% mujeres (< 10 años: n = 44, 10-19 años: n = 662, 20-29 años: n = 267, 30-39: n = 137, 40-49 años: n = 73, ≥ 50 años: n = 17) que realizaron el reconocimiento médico-deportivo en el Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Córdoba. Los participantes practicaban distintas modalidades deportivas (más de 30 disciplinas) con diferentes niveles de rendimiento y dedicación, todos ellos deportistas federados. Los deportes más practicados fueron los que tenían un componente dinámico alto sobre los de bajo y moderado (80,9 frente a 19,1%; p < 0,001) y, de entre ellos, los más representativos fueron la natación y el atletismo. La edad media fue de 24,0 ± 15,6 años, 64,9 ± 5,4 kg de peso y 166,8 ± 0,4 cm de estatura. Por otra parte, la edad media de los hombres de la muestra fue mayor que la de las mujeres (30,4 frente a 25,0 años; p < 0,05). Todos los deportistas firmaron el consentimiento informado, conforme a lo obligado por la Ley de Protección de Datos³³, aprobado por la Comisión de Ética e Investigación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte, y estuvieron de acuerdo con los criterios para investigación de la Declaración de Helsinki.

Procedimientos

Se ha realizado un estudio descriptivo transversal de la lectura e interpretación de los ECG realizados a los deportistas participantes en el presente estudio. El ECG se realiza de forma sistemática y forma parte de un reconocimiento médico-deportivo más amplio, realizándose según la técnica estándar^{34,35}. Se ha utilizado un electrocardiógrafo (Philips, PageWriter 10, Ámsterdam, Bélgica) de doce derivaciones a 25 mm/s.

El análisis de los resultados se expresó teniendo en cuenta la edad (≤ 14 años y > 14 años), el sexo (hombres y mujeres) y la modalidad deportiva, según el componente dinámico (bajo, moderado y alto)³⁶. Para el

estudio de cada uno de los hallazgos electrocardiográficos encontrados se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

Alteraciones de la frecuencia cardiaca y del ritmo

- 1) Frecuencia cardiaca normal: 61-99 latidos por minuto.
- 2) Bradicardia sinusal (BS): a) leve: 51-60 latidos por minuto; b) moderada: 41-50 latidos por minuto y c) severa: ≤ 40 latidos por minuto.
- 3) Otros ritmos: arritmia sinusal fisiológica respiratoria, marcapasos migratorio, ritmo auricular, nodal o de la unión, extrasístoles supra-ventriculares o ventriculares, taquiarritmias.

Eje (QRS)

Desviación del eje en el plano frontal: derecho ($\geq +120^\circ$) o izquierdo (entre -30° y -90°)²³.

Anormalidades de la conducción

- 1) Conducción aurículo-ventricular (AV)²³:
 - a) intervalo PR corto < 120 ms.
 - b) bloqueo AV de primer grado PR ≥ 210 ms.
 - c) bloqueo AV de segundo grado (Mobitz I y II).
 - d) bloqueo AV de tercer grado (completo).
- 2) Conducción intraventricular²³:
 - a) Bloqueo completo (BC) de rama derecha o izquierda: QRS ≥ 120 ms.
 - b) Bloqueo incompleto de rama derecha (grado II): onda R o R' en $V_1 \geq 0,5$ mv de amplitud y relación R/S ≥ 1 , o eje QRS $> 90^\circ$, duración del QRS entre 110-119 ms y retraso en la conducción de la segunda parte del QRS.
 - c) Bloqueo incompleto de rama derecha grado I y/o trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular (TICIV): morfología no típica del bloqueo grado II, con duración del QRS dentro de la normalidad (hasta 110 ms), eje normal, muescas y melladuras en el QRS en V_1 , V_2 y derivaciones II, III y aVF.
 - d) Hemibloqueo fascicular anterior izquierdo: eje izquierdo (a menos de -30°), QRS negativo en II y S terminal en V_6 .
 - e) Hemibloqueo fascicular posterior izquierdo: eje derecho en ausencia de hipertrofia ventricular derecha, onda q en II, III y aVF.
 - f) Bloqueo bifascicular: bloqueo de rama derecha (completo o incompleto) + hemibloqueo fascicular anterior izquierdo o hemibloqueo fascicular posterior izquierdo.

Complejo QRS (modificaciones en el voltaje)

Estas modificaciones se refieren a crecimientos ventriculares izquierdos, por criterios de voltaje. Se han analizado tres criterios diferentes de medida:

- 1) Sokolow y Lyon (1949)³⁷: onda $Sv_1 + Rv_{5,6} > 35$ mm.
- 2) Kannel et al (1970, 1969)^{38,39}: onda $Sv_{1,2} + Rv_{5,6} \geq 35$ mm.
- 3) Gómez-Puerto et al (2011)⁴⁰: onda $Sv_{1,2,3} + Rv_{4,5,6} \geq 48$ mm.

Trastornos de la repolarización

- 1) Segmento ST: patrón de repolarización precoz (ascenso del segmento ST ≥ 2 mm), en dos o más derivaciones²⁷.
- 2) Descenso del segmento ST con cambios en la onda T²³.
- 3) Ondas T: vagotónicas ≥ 10 mm, en dos o más derivaciones²⁷.
- 4) Ondas T: aplanadas o invertidas en dos o más derivaciones²³.
- 5) Ondas T: invertidas ≥ 2 mm, en dos o más derivaciones consecutivas⁴¹.
- 6) Ondas T: aplanadas o invertidas en tres o más derivaciones consecutivas⁴⁰.

Intervalo QT corregido (QTc)

- 1) Alargamiento del intervalo QTc por la frecuencia cardiaca > 440 ms en hombres y > 460 ms en mujeres²³.
- 2) Alargamiento del intervalo QTc por la frecuencia cardiaca > 450 ms en hombres y > 470 ms en mujeres; y para los niños > 460 ms^{42,43}.

Clasificación de los electrocardiogramas

La clasificación de los ECG se ha realizado según la trascendencia médica de las alteraciones encontradas. Se han clasificado en dos subgrupos: normales o con leves trastornos eléctricos y claramente anormales. Los criterios de positividad utilizados están basados en los referidos por Corrado et al^{20,23}, Pelliccia et al²⁷ y Goldenberg et al⁴². Además, adicionalmente, se han utilizado para su mejor análisis y estudio otros criterios de lectura e interpretación del ECG propuestos por nuestro grupo⁴⁰. La totalidad de los criterios para considerarlos como "claramente anormales" se describen a continuación:

- 1) BS severa (≤ 40 lpm).
- 2) Intervalo PR ≥ 240 ms.
- 3) Complejo QRS ≥ 48 mm.
- 4) Ondas T aplanadas o invertidas en 3 o más derivaciones consecutivas.
- 5) BC de rama (derecha o izquierda).
- 6) Hemibloqueo fascicular anterior izquierdo.
- 7) Hemibloqueo fascicular posterior izquierdo.
- 8) QTc: niños > 460 ms; hombres > 450 ms; mujeres > 470 ms.
- 9) Síndrome de Brugada.
- 10) Síndrome de Wolff-Parkinson-White (WPW).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se expresaron como media y desviación estándar (DE) para variables cuantitativas y como porcentaje para variables cualitativas. Igualmente se han realizado percentiles de la medida del complejo QRS y del QTc. La normalidad de la muestra fue comprobada con el test de Kolmogórov-Smirnov. La posible relación entre variables fue verificada utilizando tablas de contingencia y la prueba de ji cuadrado. Además, para la comparación de medias, se han utilizado el test de la "t" de Student y la ANOVA de una vía, cuando se compararon tres grupos; en este caso, se ha realizado la corrección de Bonferroni. El nivel de significación aceptado fue de $p < 0,05$. La comprobación de los criterios de positividad de los ECG fue realizada mediante una sintaxis específica. Todos los análisis y procedimientos estadísticos se han efectuado con el *Statistical Package for the Social Sciences* 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Resultados

Como se observa en las tablas 1, 2 y 3, del total de la muestra, la mayoría de los participantes mostró en el ECG un ritmo sinusal. Los trastornos de la conducción que afectan al intervalo PR presentan un escaso porcentaje (4,2%), no encontrándose bloqueos AV de tercer grado. Dentro de los trastornos de la conducción que afectan al QRS se detecta un gran porcentaje de los TICIV (37,8%), siendo los demás hallazgos mucho menos frecuentes. En cuanto a los trastornos de la repolarización, estos representan un porcentaje muy elevado (41,4%), aunque no se detectaron casos de infradesnivelación del segmento ST. El porcentaje del síndrome de WPW fue bajo (0,3%). Por último, la media del QTc no llegó a los 400 ms.

Tabla 1

Porcentaje de alteraciones electrocardiográficas, por sexo, en deportistas de la provincia de Córdoba (n = 1.200). Los valores son número de casos (porcentaje), excepto QTc que es media ($\pm$ desviación estándar)

	Todos (n = 1.200)	Hombres (n = 854)	Mujeres (n = 346)
Bradicardia sinusal severa	14 (1,2%)	14 (1,6%)	0 (0,0%)*
Ritmo sinusal (normal)	933 (77,8%)	679 (79,5%)	254 (73,4%)*
Otros ritmos	267 (22,3%)	175 (20,5%)	92 (26,6%)*
Bloqueo AV 1 ^{er} grado	37 (3,1%)	35 (4,1%)	2 (0,6%)*
Bloqueo AV 2 ^a (Mobitz I)	2 (0,2%)	2 (0,2%)	0 (0,0%)
Intervalo PR corto	11 (0,9%)	9 (1,1%)	2 (0,6%)
BIR derecha I y/o TICIV	453 (37,8%)	325 (38,1%)	128 (37,0%)
BIR derecha (II)	43 (3,6%)	39 (4,6%)	4 (1,2%)*
BCR derecha (III)	3 (0,3%)	3 (0,4%)	0 (0,0%)
HB anterior izquierdo	5 (0,4%)	4 (0,5%)	1 (0,3%)
Bloqueo bifascicular	7 (0,6%)	5 (0,6%)	2 (0,6%)
Trastornos de repolarización	497 (41,4%)	362 (42,4%)	135 (39,0%)
Wolff-Parkinson-White (WPW)	3 (0,25%)	3 (0,35%)	0 (0,0%)
QT corregido (milisegundos)	399,6 ($\pm$ 22,6)	396,4 ($\pm$ 22,7)	407,3 ($\pm$ 20,5)*

AV: aurículo-ventricular; BCR: bloqueo completo de rama; BIR: bloqueo incompleto de rama; HB: hemibloqueo; TICIV: trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular.

*Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre hombres y mujeres.

Tabla 2

Porcentaje de alteraciones electrocardiográficas por edad, en deportistas de la provincia de Córdoba (n = 1.200). Los valores son número de casos (porcentaje), excepto QTc que es media ($\pm$ desviación estándar)

	Todos (n = 1.200)	Niños (n = 470)	Adultos (n = 730)
Bradicardia sinusal severa	14 (1,2%)	0 (0,0%)	14 (1,9%)*
Ritmo sinusal (normal)	933 (77,8%)	319 (71,2%)	614 (85,5%)*
Otros ritmos	267 (22,3%)	151 (33,7%)	116 (16,2%)*
Bloqueo AV 1 ^{er} grado	37 (3,1%)	1 (0,2%)	33 (4,6%)*
Bloqueo AV 2 ^a (Mobitz I)	2 (0,2%)	0 (0,0%)	2 (0,3%)
Intervalo PR corto	11 (0,9%)	4 (0,9%)	7 (1,0%)
BIR derecha I y/o TICIV	453 (37,8%)	216 (48,2%)	237 (33,0%)*
BIR derecha (II)	43 (3,6%)	10 (2,2%)	33 (4,6%)*
BCR derecha (III)	3 (0,3%)	0 (0,0%)	3 (0,4%)
HB anterior izquierdo	5 (0,4%)	3 (0,7%)	2 (0,3%)
Bloqueo bifascicular	7 (0,6%)	1 (0,2%)	6 (0,8%)
Trastornos de repolarización	497 (41,4%)	184 (41,1%)	313 (43,6%)
Wolff-Parkinson-White (WPW)	3 (0,3%)	1 (0,2%)	2 (0,3%)
QT corregido (milisegundos)	399,6 ($\pm$ 22,6)	403,9 ($\pm$ 20,4)	396,8 ($\pm$ 23,5)*

AV: aurículo-ventricular; BIR: bloqueo incompleto de rama; BCR: bloqueo completo de rama; HB: hemibloqueo; TICIV: trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular.

*Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre niños y adultos.

El crecimiento ventricular izquierdo (CVI) (criterios de voltaje) varió entre el 25,7 y el 54,4%, según el criterio de medida empleado (tabla 4). Por cualquiera de los métodos utilizados el porcentaje fue mayor en hombres (40,6 frente a 64,1 frente a 32,3%) y en los deportistas que practicaban disciplinas deportivas con alto componente dinámico (35,7 frente a 57,2%), excepto si tenemos en cuenta el criterio de nuestro grupo⁴⁰ (27,2%) utilizado en este estudio, en cuyo caso son similares los porcentajes de los deportes con bajo y alto componente dinámico.

En la tabla 5 se muestran los percentiles del sumatorio del voltaje del complejo QRS, considerando el sumatorio de la onda S de mayor voltaje en $V_{1,2,3}$ + onda R de mayor voltaje en $V_{4,5,6}$.

En lo referente a las alteraciones de la onda T, los tres criterios utilizados se muestran en la figura 1 (32,4 frente a 18,3 frente al 11,3%).

Los percentiles del QTc, según el nivel de intensidad del componente dinámico del deporte practicado, se presentan en la tabla 6.

En lo relativo al QTc largo, en nuestra muestra hemos encontrado un porcentaje global del 1,6%, siendo la totalidad en hombres, con una importante diferencia de los niños respecto de los adultos (2,1 frente a 1,2%). Y atendiendo a criterios más recientes propuestos por Goldenberg et al^{42,43}, el porcentaje de QTc largo en niños y mujeres fue nulo y sólo de un 0,3% en hombres (2 casos). Finalmente, en nuestro estudio no hemos encontrado casos de QTc corto.

En cuanto al síndrome de Brugada, se encontraron 2 casos de "pseudobrugada" (sin confirmar con test de provocación farmacológica).

El porcentaje del síndrome de WPW fue muy escaso (0,3%), presentándose exclusivamente en hombres, dos adultos (0,3%) y un niño (0,2%). Dos de los tres casos se observaron en modalidades deportivas con componente dinámico bajo (2,4%) y el tercero en modalidades con componente dinámico alto (0,1%).

De forma global, los ECG claramente anormales hallados en el presente estudio, siguiendo la clasificación reflejada en la metodología, fueron del 36,2%, lo que denota la importancia de este hallazgo (fig. 2).

Discusión

El principal hallazgo del presente estudio ha sido el alto porcentaje de alteraciones electrocardiográficas relacionadas con la repolarización (41,4%) en el ECG basal de la muestra, incluyendo el segmento ST y la onda T. En segundo lugar, destacan los trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular, siendo estos mucho más habituales en los niños y en las disciplinas deportivas en que predomina el componente dinámico moderado.

El ECG de reposo muestra diversas alteraciones de la frecuencia cardíaca y del ritmo como resultado de un aumento en la relación del tono parasimpático/simpático asociadas con el acondicionamiento aeróbico. La más común de estas es, sin duda, la BS^{24,25}, resultado de un cambio adaptativo fisiológico que refleja el nivel del acondicionamiento atlético⁴⁴. Aunque en deportes con predominio aeróbico pueden observarse bradicardias sinusales moderadas con relativa frecuencia, la presencia de bradicardias severas es poco común⁴⁵. De forma similar, nuestro estudio muestra un porcentaje de BS severa del 1,2%, presente exclusivamente en deportistas masculinos adultos practicantes de deportes con alto componente dinámico. El estudio de Sofi et al⁴⁶ concuerda con el presente en la diferencia de casos de BS severa entre sexos. No obstante, los citados autores⁴⁶ hallaron un porcentaje global de BS severa mayor al nuestro (2,9%), al igual que Swiatowiec et al⁴⁷ (5,5%). Si tenemos en cuenta la BS moderada y severa conjuntamente, el estudio de Boraita y Serratos²⁵ muestra valores superiores a los nuestros (17,5 frente a 10,7%). Más aún, al incluir la BS leve en la comparación observamos que otros autores (Swiatowiec et al⁴⁷, Sharma et al⁴⁸, Balady et al²⁹), muestran valores muy superiores a los nuestros (75,3%, 80% y 77%, respectivamente frente a 36,5%). Las discrepancias observadas en los diversos estudios pueden deberse, por una parte, a la diferencia en el nivel competitivo y, por otra, a la edad de la muestra. No se hallaron casos de BS severa en los niños del presente estudio. Por otra parte, sí se encontraron casos de BS inferiores

Tabla 3

Porcentaje de alteraciones electrocardiográficas, según el componente dinámico del deporte practicado, en deportistas de la provincia de Córdoba (n = 1.200). Los valores son número de casos (porcentaje), excepto QTc que es media ($\pm$ desviación estándar)

	Todos (n = 1.200)	Bajo (n = 84)	Moderado (n = 145)	Alto (n = 971)
Bradicardia sinusal severa	14 (1,2%)	0 (0,0%) ^a	0 (0,0%) ^a	14 (1,4%) ^{b,c}
Ritmo sinusal (normal)	933 (77,7%)	59 (70,2%) ^{a,c}	115 (79,3%) ^b	759 (78,2%) ^b
Otros ritmos	267 (22,3%)	25 (29,8%) ^{a,c}	30 (20,7%) ^b	212 (21,8%) ^b
Bloqueo AV 1 ^{er} grado	37 (3,1%)	1 (1,2%) ^{a,c}	1 (0,7%) ^b	35 (3,6%) ^{b,c}
Bloqueo AV 2 ^o (Mobitz I)	2 (0,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (0,2%)
Intervalo PR Corto	11 (0,9%)	3 (3,6%) ^{a,c}	3 (2,1%) ^{a,b}	5 (0,5%) ^{b,c}
BIR derecha I y/o TICIV	453 (37,8%)	23 (27,4%) ^c	57 (39,3%) ^{a,b}	273 (28,1%) ^c
BIR derecha (II)	43 (3,6%)	2 (2,4%) ^a	4 (2,8%) ^a	37 (3,8%) ^{b,c}
BCR derecha (III)	3 (0,3%)	0 (0,0%) ^a	0 (0,0%) ^a	3 (0,3%) ^{b,c}
HB anterior izquierdo	5 (0,4%)	1 (1,2%) ^{a,c}	0 (0,0%) ^{a,b}	4 (0,4%) ^{b,c}
Bloqueo bifascicular	7 (0,6%)	0 (0,0%) ^{a,c}	3 (2,1%) ^{a,b}	4 (0,4%) ^{b,c}
Trastornos de repolarización	497 (41,4%)	21 (25,0%) ^{a,c}	67 (46,2%) ^{a,b}	409 (42,1%) ^{b,c}
Wolff-Parkinson-White (WPW)	3 (0,3%)	2 (2,4%) ^{a,c}	0 (0,0%) ^b	1 (0,1%) ^b
QT corregido (milisegundos)	399,6 ($\pm$ 22,6)	398,5 ($\pm$ 24,5) ^c	405,8 ($\pm$ 20,6) ^{a,b}	398,7 ($\pm$ 22,6) ^c

AV: aurículo-ventricular; BIR: bloqueo incompleto de rama; BCR: bloqueo completo de rama; HB: hemibloqueo; TICIV: trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular.

^aDiferencia significativa ($p < 0,05$) en relación a componente dinámico alto.

^bDiferencia significativa ($p < 0,05$) en relación a componente dinámico bajo.

^cDiferencia significativa ($p < 0,05$) en relación a componente dinámico moderado.

Tabla 4

Casos de crecimiento ventricular izquierdo por criterios de voltaje, según diferentes propuestas de medida, expresadas por sexo, edad y componente dinámico de la modalidad deportiva

Criterios de medida del QRS	Global	Sexo		Edad		Componente dinámico		
		Hombres	Mujeres	Niños	Adultos	Bajo	Moderado	Alto
Sokolow y Lyon ³⁷	404 (33,7%)	347 (40,6%) ^{b,c}	57 (16,5%) ^{b,c,d}	156 (33,2%) ^{b,c}	248 (34,0%) ^{b,c}	27 (32,1%) ^b	30 (20,7%) ^{b,c,e}	347 (35,7%) ^{b,c}
Kannel et al ^{38,39}	653 (54,4%)	547 (64,1%) ^{a,c}	106 (30,6%) ^{a,c,d}	256 (54,5%) ^{a,c}	397 (54,4%) ^{a,c}	42 (50,0%) ^{a,c}	56 (38,6%) ^{a,c,e}	555 (57,2%) ^{a,c}
Gómez-Puerto et al ⁴⁰	308 (25,7%)	279 (32,3%) ^{a,b}	29 (8,4%) ^{a,b,d}	121 (25,7%) ^{a,b}	187 (25,6%) ^{a,b}	24 (28,6%) ^b	20 (13,8%) ^{a,b,e}	264 (27,2%) ^{a,b}
Número de sujetos	1.200	854	346	470	730	84	145	971

Los valores son: número de casos (porcentaje).

^aDiferencia significativa ($p < 0,05$) para Sokolow y Lyon³⁷.

^bDiferencia significativa ($p < 0,05$) para Kannel et al^{38,39}.

^cDiferencia significativa ($p < 0,05$) para Gómez-Puerto et al⁴⁰.

^dDiferencia significativa ($p < 0,05$) entre hombres y mujeres.

^eDiferencia significativa ($p < 0,05$) entre bajo/alto y moderado componente dinámico.

Tabla 5

Percentiles del sumatorio del voltaje de la mayor onda Sv_{1,2,3} + Rv_{4,5,6} del complejo QRS

Percentil	5	10	25	50	75	90	95
Valor del complejo QRS (mm)	23,00	26,00	32,00	40,00	48,00	55,00	59,00

a 50 o 60 lpm; en ambas circunstancias la presencia de BS mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto a los adultos.

Los datos hallados en la literatura respecto a los trastornos de la conducción AV son muy variados. Según Boraita y Serratos²⁵, aunque el alargamiento del intervalo PR puede estar relacionado con la hipertensión vagal, la aparición de bloqueos AV de primer grado y de segundo grado tipo I (Mobitz) depende en gran medida de la susceptibilidad del deportista. En el presente estudio, se ha hallado un porcentaje global de bloqueo AV de primer grado del 3,1%, valor muy superior al encontrado por otros autores^{46,25}. No obstante, otros investigadores encuentran valores que se aproximan más al nuestro³¹ e incluso superiores^{29,48}. Al analizar los resultados por sexo, mientras que Sofi et al⁴⁶ no hallan diferencias significativas, tanto en el estudio de Boraita y Serratos²⁵ como en el presente, se observa un porcentaje significativamente mayor en los hombres. Con respecto a la edad, se observa un porcentaje significativamente mayor en adultos (4,6 frente a 0,2%), lo que puede deberse a un mayor número de años de práctica deportiva y por consiguiente una mayor adaptación cardíaca. Las disciplinas deportivas con alto compo-

nente dinámico mostraron un porcentaje significativamente mayor al resto, posiblemente debido a un mayor tono vagal. Como cabe esperar, el bloqueo AV de segundo grado tipo I (fenómeno de Wenckebach) es un hallazgo menos frecuente que el de primer grado, siendo en el presente estudio del 0,2%, valor idéntico al aportado por Sharma et al⁴⁸. Otros estudios reflejan valores diferentes, tanto menores⁴⁶ como mayores²⁵. Todos los casos de bloqueos AV de segundo grado tipo I se observaron en el grupo de los adultos masculinos, estando además relacionados con las disciplinas deportivas con alto componente dinámico. Al igual que sucede con las BS y los bloqueos AV de primer grado, este tipo de alteración electrocardiográfica probablemente sea debida al predominio del tono vagal.

El porcentaje de BC de rama derecha observado en el presente estudio fue del 0,3%, cifra muy inferior a la ofrecida por otros autores^{46,47,49}. Otros investigadores^{31,48}, sin embargo, encuentran valores similares. En consonancia con el estudio de Douglas et al³² hemos hallado este trastorno sólo en hombres y en disciplinas con componente dinámico alto. Tampoco se encontró este trastorno en niños. Los hallazgos de BIR dere-

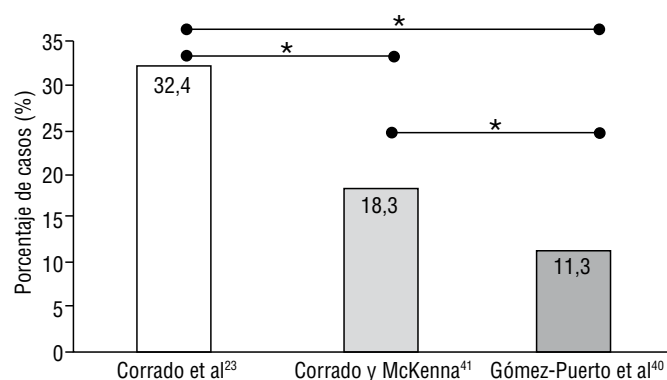


Fig. 1. Porcentaje de ondas T aplanadas o invertidas, según diferentes criterios. *Diferencias significativas para $p \leq 0,05$ (ANOVA de una vía, Bonferroni *post-hoc* test).

cha (II) son muy variables con un porcentaje en la literatura que va desde el 0,7%⁴⁶ al 6%³¹ e incluso llegan al 29%⁴⁸ y 71,2%⁴⁷. Estimamos que en estos dos últimos casos se deben a que se han incluido los bloqueos incompletos de rama derecha I y los TICIV. En nuestro estudio encontramos un porcentaje del 3,6%, siendo mayor en adultos que en los niños y en las disciplinas deportivas con alto componente dinámico. Este retraso de la conducción se ha relacionado habitualmente con un incremento del tamaño de la cavidad ventricular derecha secundario a un mayor retorno venoso²⁵. En contraposición, los bloqueos incompletos de rama derecha grado I y los TICIV hallados en el estudio (casi un 38%), no muestran diferencia significativa entre sexos, aunque presentan un porcentaje mayor en los niños y en los deportes donde predomina el componente dinámico moderado. Las diferencias con respecto a los hallazgos de bloqueo incompleto de rama derecha grado II hacen pensar que, posiblemente, las causas de estos trastornos de la conducción no sean las mismas. Los hallazgos de bloqueos fasciculares son variados, con valores de 0,02%⁴⁶ hasta el 2,7%⁴⁷. En el presente estudio, se observó este trastorno, sin hallar diferencias entre sexos, en un 0,4% de los casos, valor similar al observado por Pellicia et al⁴⁹. Los bloqueos bifasciculares muestran un porcentaje similar, sin diferencias significativas entre sexos y con una frecuencia mayor en adultos y en deportes con predominio del componente dinámico moderado.

Los cambios electrocardiográficos asociados con la hipertrofia ventricular están bien documentados en atletas altamente entrenados^{25,50}. En el presente estudio, utilizando el índice de Sokolow y Lyon³⁷, se observa un CVI en el 33,7% de los deportistas, cifra similar a la de Balady et al²⁹, pero muy inferior a la de otros autores^{19,48}. Nuestros hallazgos, con respecto al porcentaje por sexo, concuerdan con lo publicado por otros autores como Boraita y Serratosa²⁵ y Pellicia et al²⁷, observando voltajes, significativamente superiores, en los hombres. No se observó diferencia con respecto a la edad (33,2% frente a 34%, niños y adultos, respectivamente). Este hecho podría deberse a que el menor grosor de la pared

torácica de los niños puede influir en el resultado, como sugieren Sharma et al⁴⁸. Por otra parte, el componente dinámico alto parece tener relación con el trastorno, hecho también observado por Boraita y Serratosa²⁵. Douglas et al³² no encuentran correlación significativa entre los criterios electrocardiográficos de voltaje y ecocardiogramas, siendo el índice de Sokolow el criterio de voltaje que mejor sensibilidad y especificidad presentó. No obstante, se pretendió analizar las modificaciones en el voltaje mediante otros dos criterios. Al emplear el criterio de Kannel et al³⁸ se observó un porcentaje mucho mayor de CVI, manteniendo una proporción parecida con respecto al sexo, edad y tipo de deporte (tabla 4). Finalmente, se analizaron las modificaciones en el voltaje conforme al criterio establecido por nuestro grupo⁴⁰, en el cual se eleva el punto de corte/sumatorio a “ ≥ 48 mm” (onda $Sv_{1,2,3} + Rv_{4,5,6} \geq 48$ mm), disminuyendo el porcentaje global a un 25,7%. La proporción por sexo y edad, no obstante, fue equivalente a la hallada empleando el criterio de Sokolow y Lyon³⁷. Llama la atención que siguiendo este criterio el porcentaje es mayor cuando existe un componente dinámico alto, mientras que al seguir nuestro criterio el componente dinámico alto y el bajo muestran porcentajes similares. Aunque hacen falta estudios de correlación con ecocardiogramas para confirmarlo, estos resultados electrocardiográficos parecen indicar una mayor sensibilidad y especificidad de este criterio para detectar posibles CVI que indiquen adaptaciones cardíacas, con repercusión a nivel de hipertrofias cardíacas reales (cambios estructurales del músculo cardíaco). Cabe destacar que los criterios aislados de modificaciones del voltaje en el complejo QRS no tienen relevancia clínica salvo que existan otras alteraciones electrocardiográficas, síntomas relevantes, historia familiar positiva para enfermedad cardiovascular o muerte prematura. El tal caso, se recomendaría completar el estudio sistemático mediante pruebas complementarias^{41,44,49,50}. Otro aspecto a destacar puede ser la utilidad de disponer de percentiles del sumatorio de voltaje del complejo QRS, con la idea de situar al deportista frente a una población de referencia como la del presente estudio (tabla 5).

Los patrones de repolarización precoz son las alteraciones más frecuentes en deportistas^{25,51}; las depresiones del segmento ST, por otra parte, son un hallazgo más raro⁵⁰. Algunos autores opinan que de hallarse un QRS aumentado acompañado de ondas T negativas se debe continuar el estudio de forma más amplia y exhaustiva²⁴. Las alteraciones de la repolarización que afectan tanto al segmento ST como a la onda T han sido los hallazgos más frecuentemente encontrados en nuestro estudio (41,4%), siendo el porcentaje ligeramente superior en hombres y adultos respecto a mujeres y a niños. Los deportes de componente dinámico moderado fueron los que mostraron un mayor porcentaje de este tipo de trastorno. Para algunos autores el patrón de repolarización precoz es la regla más que la excepción^{50,52}, considerándolo como una elevación del ST benigna e interpretándola como una variable, en la conducción del miocardio, secundaria a un incremento del tono vagal en reposo. La literatura muestra frecuencias muy dispares de anomalías del segmento ST, desde menos de 1%⁴⁶ al 59,6%²⁵. Valores intermedios son los más halla-

Tabla 6
Percentiles del QTc (ms), según el nivel de intensidad del componente dinámico de la disciplina deportiva

Componente dinámico del deporte	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
Bajo	311,25	324,50	346,25	367,00	393,75	410,00	430,00
Moderado	326,90	336,60	354,50	369,00	393,50	410,40	419,70
Alto	332,00	345,00	365,00	386,00	410,00	434,00	448,00

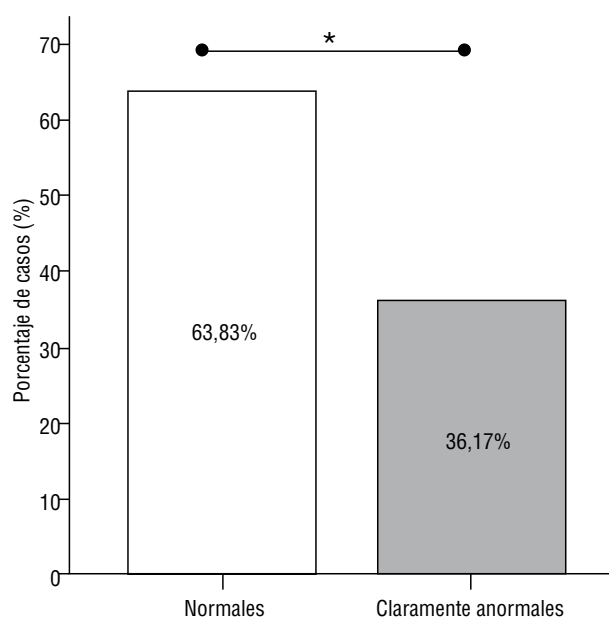


Fig. 2. Porcentaje de electrocardiogramas normales (o con leves trastornos eléctricos) y claramente anormales.

*Diferencias significativas para $p \leq 0,05$ (test de la "t" de Student).

dos en la literatura^{47,48,53,54}. Posiblemente las diferencias se deban, por un lado, a los distintos criterios utilizados y, por otro, a las diferentes características de las muestras analizadas. El porcentaje de ondas T vagotónicas encontrado en este estudio ha sido del 10,4%, valor algo menor que los ofrecidos por otros autores^{25,48}. Posiblemente estos autores hayan considerado una sola derivación con amplitud de la onda T de más de 1 mv para tomarlo en cuenta en el análisis de sus resultados. Tradicionalmente la inversión de la onda T ha sido incorrectamente interpretada como si fuese una persistencia de la prolongación del patrón de la onda T juvenil. En la actualidad algunos estiman⁴¹ que se la debería considerar como sospechosa de enfermedad cardíaca, debiendo estudiarse a los deportistas con esta alteración más profundamente. Dada la disparidad de criterios y la importancia de este trastorno, hemos analizado su frecuencia en los deportistas de nuestra muestra aplicando tres criterios, hallando el mayor grado de positividad al emplear el de Corrado et al²³ y el menor al aplicar el criterio propuesto por nuestro grupo⁴⁰ (fig. 1).

Un QTc igual o superior a 500 ms⁵⁵, sin explicación, indica un inequívoco síndrome de QTc largo. Los QTc prolongados/borderline menores de 500 ms requieren de estudios más complejos para llegar a un diagnóstico concluyente⁴⁴. La medición del QT no es tan simple como se piensa⁵⁶; por ello, es importante seleccionar un trazado electrocardiográfico representativo, ya que la relación QT/RR no es reproducida con precisión por la fórmula de Bazett con frecuencias menores a 50 lpm y mayores a 120 lpm⁵⁷. Además, se trata de un intervalo dinámico cuyos límites normales dependen de varios factores. Si bien se ha considerado anormal un intervalo QTc ≥ 440 ms en los varones y QTc ≥ 460 ms en las mujeres, en este rango podemos encontrar tanto a portadores de mutaciones como a sujetos sanos⁵⁸. Las mujeres mostraron valores medios de QTc significativamente mayores que los hombres; hallazgo análogo al de los niños respecto de los adultos. Otros autores también muestran diferencias en el intervalo QTc entre sexos, atribuyéndolas a un acortamiento del mismo en los hombres tras la pubertad, en vez de a un alargamiento en las mujeres⁵⁹. Los grupos de Pelliccia⁴⁹ y Sharma⁴⁸ ofrecen datos muy inferiores a los nuestros. Se debe mencionar que Sharma et al⁴⁸ usaron

450 ms como límite de normalidad; analizando nuestros datos con ese criterio observamos un porcentaje idéntico (0,3%). Además, se debe destacar la dificultad de realizar una correcta interpretación del intervalo QT tal como refieren Viskin et al⁵⁶, aspecto al que pueden deberse las diferencias halladas en la literatura. En lo referente al síndrome de Brugada, en nuestro estudio hemos encontrado 2 casos de "pseudo Brugada", que no han podido ser confirmados (los deportistas no aceptaron someterse al test de provocación farmacológico).

El porcentaje de preexcitación ventricular (WPW) hallado en nuestra serie ha sido de 0,25%, valor similar a lo aportado por otros autores^{25,27} y también al de la población general, que no difiere del valor de la población de deportistas^{25,44}. Por otra parte, otros investigadores reflejan porcentajes menores^{46,49} e incluso ausencia de ellos⁴⁷.

Los hallazgos electrocardiográficos anormales son más comunes en ciertas subpoblaciones de atletas, tales como los africanos, los que participan en deportes de *endurance* (remo, triatlón, ciclismo) o en los deportes con altos picos de nivel de intensidad (fútbol, basket, fútbol americano). Las mujeres y los practicantes de deportes más técnicos (judo, equitación) presentan un porcentaje relativamente menor⁵⁰. En el presente estudio el porcentaje de ECG claramente anormales fue del 36,2%, valor manifiestamente superior al proporcionado por el grupo de Pelliccia^{27,49} pero similar al de Swiatowiec et al⁴⁷ al emplear los criterios de la ESC; no obstante, cuando los mismos autores utilizaron los criterios propuestos por Corrado y McKenna⁴¹ observaron valores menores. En el presente estudio se observó un mayor número de ECG claramente anormales en los hombres con respecto a las mujeres, hallazgos similares a los de Pelliccia et al^{27,49} y Maron y Pelliccia⁵¹; no obstante, los valores publicados por esos autores son menores a los del presente estudio. Si bien Swiatowiec et al⁴⁷ ponen en entredicho considerar el QRS como maligno, nosotros estimamos que ante un QRS ≥ 48 mm pudiera ser recomendable el empleo de pruebas complementarias, ya que puede evidenciar la existencia de una patología importante.

En conclusión, el estudio electrocardiográfico de los deportistas cordobeses revela un alto porcentaje de trastornos de la repolarización que afectan tanto al segmento ST como a la onda T, seguidos por trastornos inespecíficos de la conducción intraventricular, hallados con mayor frecuencia en niños y en practicantes de deportes con predominio de componente dinámico moderado. Asimismo, se encontró un alto porcentaje de ECG claramente anormales, lo que denota la importancia de este hallazgo. Además, se sugiere controlar algunos de los factores que desafortunadamente no se han podido investigar en el presente estudio, como realizar la elección de la muestra a través de "muestreo aleatorio", así como el control de los años de entrenamiento y la cantidad de horas semanales de dedicación de cada deportista.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Doctora Diana Vaamonde por sus valiosas aportaciones en la corrección del manuscrito.

Bibliografía

1. Pedersen BK, Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. Scand J Med Sci Sports. 2006;16:5-65.
2. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, et al. Evidence based physical activity for school-youth. J Pediatr. 2005;146:732-7.

3. Martín M, Rodríguez-Reguero JJ, Calvo D, de la Torre A, Fernández A, García-Castro M, et al. Rendimiento del estudio electrocardiográfico en el reconocimiento deportivo de futbolistas federados de una comunidad autónoma. *Rev Esp Cardiol*. 2008;61(4):426-9.
4. Boraita A, Serratos L. Muerte súbita en el deportista. Requerimientos mínimos antes de realizar deporte de competición. *Rev Esp Cardiol*. 1999;52:1139-45.
5. Boraita A, Baño A, Berrazueta JR, Lamiel R, Luengo E, Manonelles P, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata. *Rev Esp Cardiol*. 2000;53:684-726.
6. Fatterman LG, Myerburg R. Sudden death in athletes. *Sports Med*. 1998;26:335-50.
7. Maron BJ, Thompson PD, Puffer JC, McGrew CA, Strong WB, Douglas PS, et al. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes. *Circulation*. 1996;94:850-6.
8. Van Camp SP, Bloor CM, Mueller FO, Cantu RC, Olson HG. Nontraumatic sports death in high school and college athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;25:641-7.
9. De Teresa E, Adamuz MC. Muerte súbita en el deporte (I). Revista científica en Medicina del Deporte. Centro Andaluz de Medicina del Deporte. 2005;1:23-32.
10. Suárez-Mier MP, Aguilera B. Causas de muerte súbita asociada al deporte en España. *Rev Esp Cardiol*. 2002;55:347-58.
11. Manonelles P, Aguilera B, Boraita A, Luengo E, Pons C, Suárez MP. Utilidad del electrocardiograma de reposo en la prevención de la muerte súbita del deportista. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2007;119(XXIV):159-68.
12. Fuller CM, McNulty CM, Spring DA, Arger KM, Bruce SS, Chrysos BE, et al. Prospective screening of 5615 high school athletes for risk of sudden cardiac death. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29:1131-8.
13. Shephard RJ, Cox MH, Simper K. An analysis of "Par-Q" responses in an office population. *Can J Public Health*. 1981;72:37-40.
14. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can J Sport Sci*. 1992;17:338-45.
15. Pons C. Actividad deportiva en sujetos mayores de 35 años. Mínima valoración cardiológica recomendada. Declaración de la Federación Internacional de Médicine du Sport (F.I.M.S.). En: FEMEDE, editor. Declaraciones de consenso FEMEDE. Pamplona; 1997.
16. Maron BJ, Bodison SA, Wesley IE, Tucker E, Green KJ. Results of screening a large group of intercollegiate competitive athletes for cardiovascular disease. *J Am Coll Cardiol*. 1987;10:1214-21.
17. Maron BJ, Douglas PS, Graham TP, Nishimura RA, Thompson PD. Task Force 1: preparticipation screening and diagnosis of cardiovascular disease in athletes. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:1322-6.
18. McGrew CA. Insights into the AHA scientific statement concerning cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:351-3.
19. Zehender M, Meinertz T, Keul J, Just H. ECG variants and cardiac arrhythmias in athletes: clinical relevance and prognostic importance. *Am Heart J*. 1990;119:1378-91.
20. Corrado D, Basso C, Schiavon M, Thiene G. Screening for hypertrophic cardiomyopathy in young athletes. *N Engl J Med*. 1998;339:364-9.
21. Sudden Death Committee and Congenital Cardiac Defects Committee. American Heart Association Scientific Statement. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes. *Med Sci Sports Exercise*. 1996;28:1445-52.
22. Pelliccia A, Maron BJ. Preparticipation cardiovascular evaluation of the competitive athlete: Perspectives from the 30-year Italian experience. *Am J Cardiol*. 1995;75:827-9.
23. Corrado D, Pelliccia A, Björnstad HH, Vanhees L, Biffi A, Björjesson M, et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. *Eur Heart J*. 2005;26:516-24.
24. Holly RG, Shaffrath JD, Amsterdam EA. Electrocardiographic alterations associated with the hearts of athletes. *Sports Med*. 1998;25(3):139-48.
25. Boraita A, Serratos L. El corazón del deportista: hallazgos electrocardiográficos más frecuentes. *Rev Esp Cardiol*. 1998;51:356-68.
26. Serratos L, Fernández A. Adaptaciones cardíacas al ejercicio. En: López J, Fernández A, editores. Fisiología del ejercicio. Madrid: Editorial Médica Panamericana, S. A.; 2006. p. 331-9.
27. Pelliccia A, Maron BJ, Culasso F, Di Paolo FM, Spataro A, Biffi A, et al. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes. *Circulation*. 2000;102:278-84.
28. Corrado D, Basso C, Pavei A, Michieli P, Schiavon M, Thiene G. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA*. 2006;296:1593-601.
29. Balady GJ, Cadigan JB, Ryan TJ. Electrocardiogram of the athlete: an analysis of 289 professional football players. *Am J Cardiol*. 1984;53:1339-43.
30. Björnstad H, Smith G, Storstein L, Meen HD, Hals O. Electrocardiographic and echocardiographic findings in top athletes, athletic students and sedentary controls. *Cardiology*. 1993;82:66-74.
31. Choo JK, Abernethy WB, Hutter AM. Electrocardiographic observations in professional football players. *Am J Cardiol*. 2002;90:198-200.
32. Douglas PS, O'Toole ML, Hiller WDB, Hackney K, Reichel N. Electrocardiographic diagnosis of exercise-induced left ventricular hypertrophy. *Am Heart J*. 1988;116:784-90.
33. Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. BOE núm. 298. Martes 14 diciembre 1999. p. 43088-99.
34. Houghton AR, Gray D. Dar sentido al ECG (Tomo I). Esplagues de Llobregat (Barcelona): J&C Ediciones Médicas S.L.; 1998. p. 1-20.
35. Fuertes A. ECG Guía práctica de interpretación. Majadahonda (Madrid): Astra Zeneca; 2003. p. 15-25.
36. Mitchell JH, Haskell WL, Raven PB. Classification of sports. *J Am Coll Cardiol*. 1994;24:864-6.
37. Sokolow ML, Lyon TP. The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am Heart J*. 1949;37(2):161-86.
38. Kannel WB, Gordon T, Castelli WP, Margolis JR. Electrocardiographic left ventricular hypertrophy and risk of coronary heart disease. *Ann Intern Med*. 1970;72(6):813-22.
39. Kannel WB, Gordon T, Offutt D. Left ventricular hypertrophy by electrocardiogram. Prevalence, incidence, and mortality in the Framingham study. *Ann Intern Med*. 1969;71(1):89-105.
40. Gómez-Puerto JR, Viana-Montaner BH, Rivilla-Cobo ML, Romo-Peñas E and Da Silva Grigoletto ME. New criteria proposal for T-wave positivity and QRS complex measurements. En: Proceedings of the 16th European Congress of Sport Science. Cable NT, George K eds. Liverpool, United Kingdom, European College of Sport Science; 2011. pp. 637.
41. Corrado D, McKenna W. Appropriate interpretation of the athlete's electrocardiogram saves lives as well as money. *Eur Heart J*. 2007;28:1920-22.
42. Goldenberg I, Moss AJ, Zareba W. QT interval: how to measure it and what is "Normal". *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2006;17(3):333-6.
43. Goldenberg I, Moss AJ. Long QT syndrome. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51(24):2291-300.
44. Corrado D, Biffi A, Basso C, Pelliccia A, Thiene G. 12-lead ECG in the athlete: physiological versus pathological abnormalities. *Br J Sports Med*. 2009;43:669-76.
45. Björnstad H, Storstein L, Meen HD, Hals O. Ambulatory electrocardiographic findings in top athletes, athletic students and control subjects. *Cardiology*. 1994;84:42-50.
46. Sofi F, Capalbo A, Pucci N, Giuliattini J, Condino F, Alessandri F, et al. Cardiovascular evaluation, including resting and exercise electrocardiography, before participation in competitive sports: cross sectional study. *BMJ*. 2008;337:88-92.
47. Swiatowicz A, Król W, Kuch M, Braksator W, Krysztosiak H, Dłuzniewski M, et al. Analysis of 12-lead electrocardiogram in top competitive professional athletes in the light of recent guidelines. *Kardiologia Polska*. 2009;67(10):1095-102.
48. Sharma S, Whyte G, Elliott P, Padula M, Kaushal R, Mahon N, et al. Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes. *Br J Sports Med*. 1999;33:319-24.
49. Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, Accettura D, Cantore R, Castagna W, et al. Prevalence of abnormal electrocardiograms in a large, unselected population undergoing pre-participation cardiovascular screening. *Eur Heart J*. 2007;28:2006-10.
50. Wu J, Stork TL, Perron AD, Brady WJ. The athlete's electrocardiogram. *Am J Emerg Med*. 2006;24:77-86.
51. Maron B, Pelliccia A. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation*. 2006;114:1633-44.
52. Bianco M, Bria S, Gianfelici A, Sanna N, Palmieri V, Zeppilli P. Does early repolarization in the athlete have analogies with the Brugada syndrome? *Eur Heart J*. 2001;22(6):504-10.
53. Rawlins J, Carre F, Kervio G, Papadakis M, Chandra N, Edwards C, et al. Ethnic differences in physiological cardiac adaptation to intense physical exercise in highly trained female athletes. *Circulation*. 2010;121:1078-85.
54. Brady WJ, Chan TC. Electrocardiographic manifestations: benign early repolarization. *Am J Emerg Med*. 1999;17(3):473-8.
55. Bazett HC. An analysis of the time-relations of electrocardiograms. *Heart*. 1920;7:353-70.
56. Viskin S, Rosovski U, Sands AJ, Chen E, Kistler PM, Kalman JM, et al. Inaccurate electrocardiographic interpretation of long QT: The majority of physicians cannot recognize a long QT when they see one. *Heart Rhythm*. 2005;2(6):569-74.
57. Napolitano C, Bloise R, Priori SG. Long QT syndrome and short QT syndrome: how to make correct diagnosis and what about eligibility for sports activity. *J Cardiovasc Med*. 2006;7:250-6.
58. Medeiros-Domingo A, Iturralde-Torres P, Ackerman MJ. Clínica y genética en el síndrome de QT largo. *Rev Esp Cardiol*. 2007;60(7):739-52.
59. Rautaharju PM, Zhou SH, Wong S, Calhoun HP, Berenson GS, Prineas R, et al. Sex differences in the evolution of the electrocardiographic QT interval with age. *Can J Cardiol*. 1992;8(7):690-95.



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2011;4(3):105-109

www.elsevier.es/ramd



Original

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

A cafeína melhora o desempenho em teste de *sprints* repetidos em jovens jogadores de futebol?

L.A. Pereira^a, H. Bortolotti^{a,b}, B.N. Pasquarelli^a, J.A.B. Pedroso^b, A. Avelar^b, C. Estanislau^c e L.R. Altimari^{a,b}

^aGEPEFINE. Grupo de Estudo e Pesquisa em Sistema Neuromuscular e Exercício. CEFE, Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, PR. Brasil.

^bGEPEMENE. Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício. CEFE, UEL. Londrina, PR. Brasil.

^cGrupo de Pesquisa em Psicobiologia. CCB, UEL. Londrina, PR. Brasil.

Historia del artículo:

Recibido el 5 de enero de 2011

Aceptado el 8 de abril de 2011

Palabras clave:

Cafeína.

Fútbol.

Sprints Repetidos.

Recursos ergogénicos.

Key words:

Caffeine.

Soccer.

Repeated sprints.

Ergogenics aid.

RESUMEN

¿Mejora la cafeína el rendimiento en pruebas repetidas de velocidad en jugadores de fútbol jóvenes?

Objetivo. El objetivo de este estudio fue investigar los efectos de la ingesta de cafeína en el rendimiento en la Prueba de *Sprints* Repetidos (TSR) en jugadores de fútbol jóvenes.

Métodos. Formaron parte Del estudio 11 atletas de fútbol de categoría sub-15 ($15,0 \pm 1,5$ años; $58,84 \pm 9,17$ kg, $1,69 \pm 0,07$ m, $20,91 \pm 2,43$ kg/m²) que fueron sometidos a TSR. Los índices de rendimiento en la prueba se determinaron TSR pico, TSR promedio y el de IF. Los atletas fueron sometidos a tres condiciones experimentales de modo aleatorio: cafeína (6 mg.kg^{-1}) (CAF), placebo (PL) y control (C). Para investigar las diferencias entre las variables en las tres condiciones experimentales fue utilizado el análisis de varianza (ANOVA) para mediciones repetidas. La significancia adoptada fue $P < 0,05$.

Resultados. Ninguna diferencia significativa fue encontrada en las variables analizadas entre las tres condiciones experimentales TSR pico ($7,36 \pm 0,18$ s AFC, $7,34 \pm 0,14$ s PL; $7,37 \pm 0,19$ s C) TSR promedio ($7,70 \pm 0,22$ s CAF; $7,72 \pm 0,21$ s PL, $7,71 \pm 0,20$ s C) y IF ($4,66 \pm 1,88\%$ CAF, $5,03 \pm 1,93\%$ de PL, $4,61 \pm 0,97\%$ C).

Conclusión. Basado en los resultados fue verificada que la ingesta de cafeína no tuvo la capacidad de mejorar el rendimiento en TSR en jóvenes jugadores de fútbol.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

The caffeine improves performance in repeated sprints ability test in young soccer players?

Objective. The purpose of this study was to investigate the effects of caffeine ingestion on performance in repeated sprint test (TSR) on young soccer players.

Methods. The subjects were 11 athletes soccer of under-15 category (15.0 ± 1.5 years; 58.84 ± 9.17 kg, 1.69 ± 0.07 m, 20.91 ± 2.43 kg/m²) who underwent TSR. The performance indexes determined in the test were TSR best, TSR mean and IF. The athletes were submitted to three experimental conditions in randomized study: caffeine (6 mg/kg^{-1}) (CAF), placebo (PL) and control (C). To investigate the differences among the variables in the three experimental conditions, an analysis of variance (ANOVA) for repeated measures was used. The significance adopted was $p < 0.05$.

Results. No significant difference was found in those variables among the three experimental conditions TSR best (7.36 ± 0.18 s CAF, 7.34 ± 0.14 s PL; 7.37 ± 0.19 s C) TSR mean (7.70 ± 0.22 s CAF; 7.72 ± 0.21 s PL, 7.71 ± 0.20 s C) and IF ($4.66 \pm 1.88\%$ CAF, $5.03 \pm 1.93\%$ PL, $4.61 \pm 0.97\%$ C).

Conclusion. Based on the results, we found that caffeine intake was not able to improve performance in TSR in young soccer players.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Contacto:

L.A. Pereira.

Departamento de Educação Física.

Universidade Estadual de Londrina.

Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 Km 380.

Campus Universitário, Cx.

Postal 6001, CEP 86051-990, Londrina, PR, Brasil.

E-mail: lucasap_uel@yahoo.com.br

Introdução

Recursos ergogênicos, conforme a origem etimológica do termo¹, destinam-se a otimizar a produção ou utilização de energia². Nesse sentido, diversos recursos derivados de desenvolvimento científico e tecnológico têm despertado interesse quanto as suas aplicações na melhoria do desempenho físico de atletas em diferentes modalidades³. A utilização da cafeína como potencial ergogênico tem sido alvo de inúmeras investigações há algum tempo por suas ações centrais e periféricas⁴. Seus efeitos tem sido observados em atletas de diversas modalidades^{4,5}.

Há na literatura uma grande quantidade de estudos que investigaram o impacto da ingestão de cafeína sobre o desempenho de atletas relacionados a esportes individuais e contínuos como: corrida, ciclismo, natação e remo^{6,7}. Dessa forma, as principais evidências existentes sobre os efeitos da cafeína na melhora de desempenho estão relacionados a esportes que tem como características provas nas quais se verificam o trabalho total realizado, tempo até exaustão (Tlim) e corridas contra relógio^{8,9}.

Em contrapartida, existem poucos estudos que analisaram os efeitos desta substância em modalidades com característica intermitente, muitas vezes por dificuldades metodológicas de encontrar um teste válido, reprodutível e que se adéque à realidade do esporte⁷. Mesmo com essas limitações, existem alguns estudos que procuraram investigar o efeito da substância em protocolos de *sprints* repetidos em atletas de elite de diferentes esportes coletivos, entretanto os resultados tem se mostrado controversos e, como ressaltado anteriormente, os testes utilizados muitas vezes não são adequados⁷⁻⁹. Assim, tornam-se necessárias novas investigações a cerca dos efeitos da cafeína sobre o desempenho de atletas de modalidades coletivas com característica intermitente, utilizando-se de testes próximos à realidade do esporte em questão e que sejam validados para o mesmo.

Uma das características que é fundamental para o desempenho de atletas de modalidades coletivas com característica intermitente (por exemplo: futebol, hughby, hockey) é a capacidade em realizar sprints repetidos (CRSR) que pode representar as principais ações de jogo, as quais podem refletir sobre o desempenho dos atletas em um jogo¹⁰. A capacidade biomotora de realizar *sprints* repetidos é caracterizada por contrações musculares repetidas, o que pode levar a incapacidade do indivíduo de manter o desempenho físico durante uma partida¹¹. Esse fenômeno é conhecido como fadiga muscular¹². Os fatores que levam a esse processo estão relacionados a questões motivacionais e alterações no *drive* neural^{13,14}.

Em relação à CRSR, a cafeína poderia atuar minimizando os efeitos deletérios da fadiga neuromuscular, influenciando diretamente no desempenho do teste. Esses fatores são observados em estudos que mostram que a cafeína é capaz de aumentar a excitabilidade neural, otimizar o recrutamento das unidades motoras, e ainda, aumentar o estado de alerta e humor, influenciando nos fatores motivacionais¹⁵⁻¹⁷. Desse modo, o objetivo do estudo foi investigar os efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho em teste de *sprints* repetidos (TSR) em jovens jogadores de futebol.

Métodos

Amostra

De um grupo de 24 atletas pertencentes a categoria sub-15 de uma equipe de futebol da cidade de Londrina, Paraná, Brasil foram selecionados

12 atletas. Os atletas foram aleatoriamente divididos em dois grupos iguais a pedido do preparador físico da equipe, pois havia outro projeto sendo realizado concomitante a esse, sendo que a realização dos dois projetos com os 24 atletas iria interferir no calendário e periodização dos atletas pela demanda de tempo necessária para a realização dos testes. Dessa forma, a amostra inicial foi composta por 12 atletas que fizeram parte deste estudo, entretanto, um atleta faltou ao treino durante o período de coleta de dados, sendo então a amostra final composta por 11 atletas ($15,0 \pm 1,5$ anos; $58,84 \pm 9,17$ kg; $1,69 \pm 0,07$ m; $20,91 \pm 2,43$ kg/m²). Os atletas estavam finalizando a pré-temporada, sendo esse um período com a predominância de treinamentos físicos. Como critérios de inclusão, os indivíduos deveriam ter experiência de pelo menos dois anos na modalidade e não serem usuários de esteróides anabólicos ou suplementos nutricionais, tais informações foram obtidas por meio de entrevistas com os voluntários.

Todos os indivíduos foram convenientemente informados sobre a proposta do estudo e sobre os procedimentos aos quais seriam submetidos, e posteriormente, assinaram junto com seu responsável legal o termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, de acordo com as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

Delineamento experimental

Os indivíduos realizaram um total de 04 visitas ao local de coleta de dados. Na primeira visita realizaram-se as medidas antropométricas (massa corporal e estatura). Nas visitas subsequentes os indivíduos realizaram TSR que foi aplicado em três condições diferentes: condição cafeína, placebo e controle. Cada teste foi separado por um período de 72 horas, uma vez que esse foi o intervalo disponibilizado pelo preparador físico da equipe para a realização dos testes.

Cada sujeito teve um horário padronizado entre os dias de testes para que o mesmo fosse executado no mesmo horário do anterior para evitar influências circadianas. Os indivíduos foram orientados também a absterem-se do consumo de bebidas alcoólicas e substâncias cafeinadas (mate, chocolate, café, guaraná e refrigerante a base de cola) nas 24 horas precedentes aos testes, na tentativa de evitar possíveis interferências.

Antropometria

A massa corporal (MC) foi medida em balança digital (Urano®), com precisão de 0,1 kg ao passo que a estatura (E) foi obtida em estadiômetro de madeira, com precisão de 0,1 cm. Todos os indivíduos foram medidos descalços, vestindo roupa de treino. O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pelo quociente MC/E^2 , sendo a MC expressa em quilogramas (kg) e a E em metros (m).

Teste para medir a capacidade de realizar sprints repetidos

O TSR consistiu na execução de seis sprints de 40 m (20 m + 20 m, ida e volta) separados por 20 s de recuperação passiva como proposto por Rampinini et al¹⁸, e validado por Impellizzeri et al¹⁹. Os atletas se posicionaram atrás de uma linha imaginária demarcada por uma célula fotoelétrica (Multi Sprint, Hidrofit®), ligada a um computador, e um cone. Ao sinal do avaliador o indivíduo realizava um *sprint* de 20 m, tocava com os pés sobre a linha demarcada e voltava para o início o mais rápido possível.

vel. Após 20 s de recuperação passiva um novo *sprint* era iniciado até que se completassem 6 *sprints*. Antes do início dos *sprints* os atletas realizaram um aquecimento padronizado pelo preparador físico da equipe. Cinco minutos depois do aquecimento os sujeitos começaram o teste que foi iniciado após uma contagem regressiva de 5 s. Após cada *sprint* essa contagem foi realizada para que o indivíduo estivesse preparado na linha inicial e respeitasse o intervalo de 20 s corretamente. O tempo do melhor *sprint* (TSR pico), a média de tempo dos *sprints* (TSR médio), e a queda de desempenho ao longo dos *sprints* (índice de fadiga, IF, que foi calculado através da equação: $[(\text{TSR médio}/\text{TSR pico}) \times 100] - 100$ foram determinados como medidas de desempenho. Todos os testes foram realizados no campo de futebol onde os atletas treinavam habitualmente.

Previamente ao início do estudo foi realizado um protocolo de familiarização para minimizar os efeitos de aprendizagem e garantir a reprodutibilidade do teste. Todos os participantes foram testados em situação idêntica ao protocolo experimental, em duas diferentes ocasiões, com um intervalo de 48 h. O coeficiente de correlação intra-classe encontrado foram: 0.90, 0.93 e 0.74 para TSR pico, TSR médio e IF (%), respectivamente.

Ingestão de cafeína

Os atletas selecionados receberam cafeína pura (6 mg/kg⁻¹ de peso corporal) ou placebo (talco farmacêutico) preparados e embalados em cápsulas gelatinosas, cerca de 60 min antes do início do TSR. Os sujeitos permaneceram em repouso durante este período. O processo foi conduzido em ordem aleatória em sistema duplo-cego.

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada por meio do programa SPSS versão 17.0. Foi utilizado para estatística descritiva valores de média e desvio padrão. Para verificar a esfericidade dos dados recorreu-se ao teste de *Mauchly*, caso os dados não se confirmassem como esféricos foram utilizadas as correções de *Grenhouse Geisser*. Para estatística inferencial foi utilizado análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas. A significância adotada foi de $p < 0,05$.

Resultados

Na tabela 1 estão descritos os dados das variáveis de desempenho no TSR nas três condições experimentais. Os dados são expressos em média

e desvio padrão. Além disso, também estão representados na tabela 1 o intervalo de confiança 95%. Nenhuma diferença significativa foi encontrada nas três variáveis analisadas (TSR pico, TSR médio e IF) nas condições experimentais estudadas ($p > 0,05$).

O tamanho do efeito para a variável TSR pico entre os grupos cafeína e placebo foi 0,06 e entre os grupos cafeína e controle foi -0,02. Já em relação ao TSR médio, o tamanho do efeito entre os grupos cafeína e placebo foi -0,04 e entre os grupos cafeína e controle foi também -0,04. Para o IF o tamanho do efeito entre os grupos cafeína e placebo foi -0,09 e entre os grupos cafeína e controle foi 0,01.

A figura 1 traz o tempo médio do grupo em cada *sprint* no TSR nas três condições experimentais. Foi observado um aumento no tempo para realização dos *sprints*, porém esse aumento se deu de maneira muito próxima entre as condições experimentais, de modo que nenhuma diferença significativa foi encontrada ($p > 0,05$).

Discussão

Considerando a hipótese de que a cafeína poderia melhorar o desempenho no TSR em jovens jogadores de futebol, pelo aumento no recrutamento das unidades motoras e retardar o processo de instalação da fadiga muscular, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da ingestão de cafeína (6 mg/kg⁻¹) sobre o desempenho no TSR em jovens jogadores de futebol. Contudo, esta hipótese não foi confirmada uma vez que os resultados demonstraram que a ingestão de cafeína não foi capaz de melhorar o desempenho dos atletas.

Os resultados do presente estudo corroboram com Paton et al.²⁰, que em estudo bem controlado, encontrou um pequeno e não conclusivo efeito da cafeína sobre o desempenho em um teste de *sprints* repetidos. Em contrapartida, Glaister et al.²¹ observaram uma redução no tempo para realização dos primeiros *sprints* e aumento na velocidade de indivíduos fisicamente ativos após a ingestão de cafeína. Da mesma forma, Schneiker et al.²² verificaram que após a ingestão de cafeína, atletas amadores aumentaram a potência de membros inferiores em teste de *sprints* repetidos realizado em cicloergômetro.

Os efeitos da cafeína tem se mostrado mais proeminentes em exercícios com características contínuas (ciclismo, natação, remo) e de curta duração (< 5 min) e também quando os indivíduos são submetidos a testes até a exaustão.^{5,6,9} No entanto quando o exercício é inferior a 60 s, ou ainda quando os esforços são intermitentes os resultados são bastante controversos.²⁰⁻²⁴ Da mesma forma, há discrepância nos resultados dos efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho em protocolos de testes específicos para modalidades esportivas com característica intermitente. Nesse sentido, foram observadas melhoras de desempenho em teste específico para *hugby*²⁵ e aumento de potência de membros inferiores em jogadores de futebol com a mesma faixa etária do presente estudo.²⁶ Porém em atletas de *judô*²⁷ e futebol americano²⁸ a cafeína parece não resultar em melhora de desempenho. Há uma grande vantagem em utilizar atletas como amostra, e ainda utilizar protocolos validados para a modalidade esportiva estudada, uma vez que, a diferença de desempenho entre os testes é muito pequena, permitindo resultados mais reprodutíveis e ainda aumentando a validade ecológica dos estudos.²⁹

Vale ressaltar que o TSR utilizado no presente estudo é um teste específico para atletas de futebol sendo capaz de distinguir atletas de diferentes níveis de treinamento e diferentes posições de jogo.¹⁹ Segundo Bortolotti et al.²⁹, o TSR é um dos testes mais indicados para avaliar a

Tabela 1
Parâmetros de desempenho no TSR nas diferentes condições experimentais

	Média (± DP)	Intervalo de confiança 95%	
TSR pico (s)			
Cafeína	7,36 ± 0,18	7,24	7,48
Placebo	7,34 ± 0,14	7,24	7,44
Controle	7,37 ± 0,19	7,24	7,5
TSR médio (s)			
Cafeína	7,70 ± 0,22	7,56	7,84
Placebo	7,72 ± 0,21	7,57	7,85
Controle	7,71 ± 0,20	7,57	7,85
IF (%)			
Cafeína	4,66 ± 1,88	3,39	5,91
Placebo	5,03 ± 1,93	3,72	6,31
Controle	4,61 ± 0,97	3,97	5,26

n = 11.

Valores expressos em média e desvio-padrão ($p > 0,05$).

IF: índice de fadiga; TSR médio: média dos *sprints*; TSR pico: melhor *sprint*.

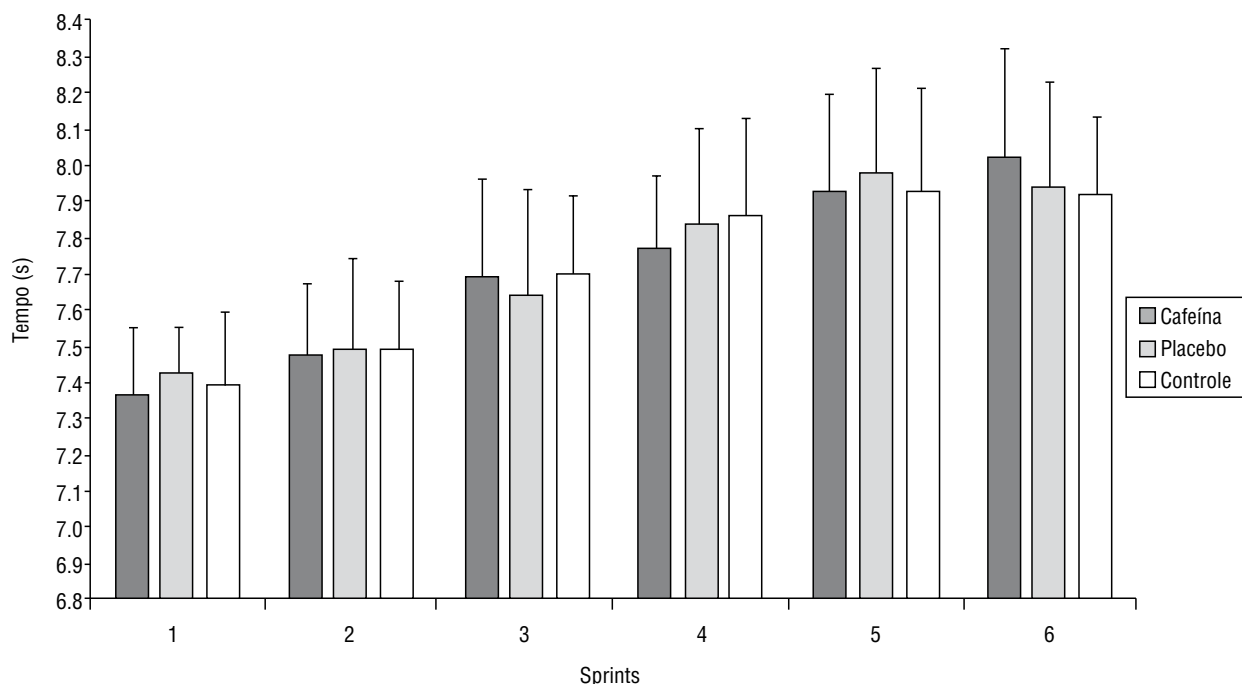


Fig. 1. Tempo médio para realização de cada um dos seis *sprints* no TSR nas diferentes condições experimentais $n = 11$ ($p > 0,05$).

CRSR em jogadores de futebol. É importante salientar ainda que a CRSR está altamente relacionada ao desempenho dos atletas durante um jogo, sendo capaz de prever o desempenho dos atletas de futebol³⁰. Dessa forma, jogadores com uma melhor CRSR conseguem, durante um jogo, realizar *sprints* em um padrão mais alto do que jogadores com baixa CRSR¹¹, sendo que a avaliação e o treinamento da mesma são importantes para o sucesso da equipe³⁰.

Embora os atletas que serviram de amostra no estudo sejam jovens, o nível de treinamento e a exigência de resultados é a mesma em relação a atletas adultos. A CRSR é uma capacidade física sensível para detectar desempenho mesmo em jovens e o treinamento específico para a melhora na CRSR já tem sido previamente estudado em atletas da mesma categoria do presente estudo³¹. E ainda, a cafeína tem se mostrado eficiente em detectar alterações em alguns parâmetros de desempenho em jovens atletas de futebol²⁶. A resposta de atletas de categorias de base em relação a alguns ergogênicos parece não diferir em relação a atletas adultos, desde que os jovens atletas já tenham atingido a maturação. Como esses atletas são cobrados por resultados desde o início da carreira muitos deles fazem a utilização de diferentes ergogênicos visando melhora de desempenho³².

Considerando os mecanismos de ação pertinentes ao uso da cafeína há evidências constatando que a substância atua como antagonista aos efeitos inibitórios da adenosina sobre alguns neurotransmissores (dopamina, serotonina e GABA), influenciando nas suas ações pré e pós-sinápticas^{15,33}. As ações da cafeína sobre esses neurotransmissores ocorrem em regiões cerebrais relacionadas às emoções, estado de humor, diminuição do sono e motivação¹⁵. Esses mecanismos parecem estar mais relacionados em exercícios nos quais os indivíduos são levados até a exaustão, uma vez que, a motivação parece ser fator fundamental para que o indivíduo aumente sua tolerância ao exercício³⁴. Entretanto quando se trata de uma tarefa fechada na qual o indivíduo conhece o término do exercício, como no caso do TSR, o estado motivacional, apesar de importante, parece não influenciar em significativas modificações no desempenho.

Outra hipótese era que a cafeína pudesse atuar no aumento da excitabilidade cortical e também aumentar o recrutamento das unidades motoras, como demonstrado anteriormente por Kalmar e Cafarelli¹⁶ e Walton et al¹⁷, resultando assim na melhora de desempenho dos atletas. No entanto, esses efeitos parecem ocorrer apenas em contrações isométricas.

A cafeína poderia também atuar em nível periférico, nos receptores de adenosina presentes nas fibras musculares, que parecem estar relacionados a regulação da força de contração e transporte de glicose nas fibras oxidativas^{35,36}. No entanto, para que a cafeína exerça um efeito sobre a força de contração muscular, a dose a ser utilizada é muito elevada chegando a ser tóxica aos humanos¹⁵. Já em relação a modulação no transporte de glicose nas fibras oxidativas, o efeito a ingestão de cafeína pouco poderia influenciar na CRSR, uma vez que essa capacidade é determinada basicamente pela rápida ressíntese do ATP, através de vias anaeróbicas, nas quais as fibras musculares ativadas predominantemente são as glicolíticas. É importante ressaltar que não há relação da CRSR com a resistência aeróbica³⁷, e ainda, as vias aeróbicas contribuem muito pouco (cerca de 3%) para a ressíntese de ATP durante a realização dos *sprints*^{29,30}.

Em resumo, a cafeína não se mostrou capaz de melhorar o desempenho do TSR em jogadores de futebol. Embora a substância influencie o desempenho em alguns tipos de exercício, em atletas de diferentes faixas etárias, e os efeitos antagonistas aos receptores de adenosina ser bem evidenciados na literatura, não foi possível detectar seus efeitos nas condições estudadas no presente trabalho. Dessa forma, sugerimos estudos que sejam realizados com situações mais específicas, como é o caso do jogo.

RESUMO

Objetivo. O objetivo do estudo foi investigar os efeitos da ingestão de cafeína sobre o desempenho em teste de *sprints* repetidos (TSR) em jovens jogadores de futebol.

Métodos. Fizeram parte do estudo 11 atletas de futebol da categoria infantil ($15,0 \pm 1,5$ anos; $58,84 \pm 9,17$ kg; $1,69 \pm 0,07$ m; $20,91 \pm 2,43$ kg/m²) que foram submetidos ao TSR. Os índices de desempenho determinados no teste foram TSR pico, TSR médio e o IF. Os atletas foram submetidos a três condições experimentais de modo randomizado: cafeína (6 mg/kg^{-1}) (CAF), placebo (PL) e controle (C). Para verificar as diferenças entre as variáveis nas três condições experimentais foi utilizada análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas. A significância adotada foi $p < 0,05$.

Resultados. Nenhuma diferença significativa foi encontrada nas variáveis analisadas entre as três condições experimentais TSR pico ($7,36 \pm 0,18$ s CAF; $7,34 \pm 0,14$ s PL; $7,37 \pm 0,19$ s C) TSR médio ($7,70 \pm 0,22$ s CAF; $7,72 \pm 0,21$ s PL; $7,71 \pm 0,20$ s C) e IF ($4,66 \pm 1,88\%$ CAF; $5,03 \pm 1,93\%$ PL; $4,61 \pm 0,97\%$ C).

Conclusão. Com base nos resultados pudemos verificar que a ingestão de cafeína não foi capaz de melhorar o desempenho no TSR em jovens jogadores de futebol.

Palavras-chave:

Cafeína. Futebol. Sprints repetidos. Recursos ergogênicos.

Referências

- Bernstein A, Safirstein J, Rosen JE. Athletic ergogenic aids. Bull Hosp Jt Dis. 2003;61:164-71.
- Williams MH. Ergogenic and ergolytic substances. Med Sci Sports Exerc. 1992;24:344-8.
- Tokish JM, Kocher MS, Hawkins RJ. Ergogenic aids: a review of basic science, performance, side effects, and status in sports. Am J Sports Med. 2004;32:1543-53.
- Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, Kreider R, Campbell B, Wilborn C, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. J Int Soc Sports Nutr. 2010;7:5-20.
- Graham TE. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. Sports Med. 2001;31:785-807.
- Altimari LR, Moraes AC, Tirapegui J, Mereau LLM. Caffeine and performance in anaerobic exercise. Braz J Pharm Sci. 2006;42:17-27.
- Burke LM. Caffeine and sports performance. Appl Physiol Nutr Metab. 2008;33:1319-34.
- Astorino TA, Roberson DW. Efficacy of acute caffeine ingestion for Short-term high-intensity exercise Performance: a systematic review. J Strength Cond Res. 2010;24:257-65.
- Doherty M, Smith PM. Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2004;14:626-46.
- Glaister M, Stone MH, Stewart AM, Hughes M, Moir GL. The influence of recovery duration on multiple sprint cycling performance. J Strength Cond Res. 2005;19:831-7.
- Bishop D, Spencer M, Duffield R, Lawrence S. The validity of a repeated sprint ability test. J Sci Med Sport. 2001;4:19-29.
- Fitts RH. Cellular mechanisms of fatigue muscle. Physiol Rev. 1994;74:49-93.
- Davis JM, Bailey SP. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. Med Sci Sports Exerc. 1997;29:45-57.
- Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. J Appl Physiol. 1992;72:1631-48.
- Fredholm BB, Battig K, Holmen J, Nehlig A, Zvartau EE. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. Pharmacol Rev. 1999;51:83-133.
- Kalmar JM, Cafarelli E. Effects of caffeine on neuromuscular function. J Appl Physiol. 1999;87:801-8.
- Walton C, Kalmar J, Cafarelli E. Caffeine increases spinal excitability in humans. Muscle Nerve. 2003;28:359-64.
- Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, Bravo DF, Sassi R, Impellizzeri FM. Validity of Simple Field Tests as Indicators of Match-Related Physical Performance in Top-Level Professional Soccer Players. Int J Sports Med. 2007;28:228-35.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Ferrari Bravo D, Tibaudi A, et al. Validity of a repeated-sprint test for football. Int J Sports Med. 2008;29:899-905.
- Paton CD, Hopkins WG, Vollebregt L. Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes. Med Sci Sports Exerc. 2001;33:822-5.
- Glaister M, Howatson G, Abraham CS, Lockey RA, Goodwin JE, Foley P, et al. Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. Med Sci Sports Exerc. 2008;40:1835-40.
- Schneiker KT, Bishop D, Dawson B, Hackett LP. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. Med Sci Sports Exerc. 2006;38:578-85.
- Anselme F, Collomp K, Mercier B, Ahmaidi S, Prefaut C. Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. Eur J Appl Physiol. 1992;65:188-91.
- Pereira LA, Curti JO, Camata TV, Gonçalves EM, Leite ST, Costa TG, et al. Caffeine does not change the anaerobic performance and rate of muscle fatigue in young men and women. Med Sportiva. 2010;14:67-72.
- Stuart GR, Hopkins WG, Cook C, Cairns SP. Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. Med Sci Sports Exerc. 2005;37:1998-2005.
- Gutierrez AP, Natali AJ, Alfenas RC, Marins JC. Efeito ergogênico de uma bebida esportiva cafeinada sobre a performance em testes de habilidades específicas do futebol. Rev Bras Med Esp. 2009;15:450-4.
- Pereira LA, Cyrino ES, Avelar A, Sergantin AQ, Altamari JM, Trindade MC, et al. A ingestão de cafeína não melhora o desempenho de atletas de judô. Motriz. 2010;16:714-22.
- Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. Effect of caffeine as an ergogenic aid during anaerobic exercise performance in caffeine naive collegiate football players. J Strength Cond Res. 2009;23:1363-9.
- Bortolotti H, Pasquarelli BN, Soares-Caldeira LF, Altamari LR, Nakamura FY. Avaliação da capacidade de realizar sprints repetidos no futebol. Motriz. 2010;16:1006-12.
- Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. Sports Med. 2005;35:1025-44.
- Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Delhomel G, Brughelli, Ahmaidi S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. J Strength Cond Res. 2010;24:2715-22.
- O'Dea JA. Consumption of nutritional supplements among adolescents: usage and perceived benefits. Health Educ Res. 2003;18:98-107.
- Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2003;284:399-404.
- Marcora SM. Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance? Eur J Appl Physiol. 2008;104:929-31.
- Clark KI, Barry SR. Aminophylline enhances resting Ca²⁺ concentrations and twitch tension by adenosine receptor blockade in Rana pipiens. J Physiol. 1994;481:129-37.
- Lynge J, Hellsten Y. Distribution of adenosine A1, A2A and A2B receptors in human skeletal muscle. Acta Physiol Scand. 2000;169:283-90.
- Aziz AR, Mukherjee S, Chia MY. The KC. Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. J Sports Med Phys Fitness. 2007;47:401-7.



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2011;4(3):110-115

www.elsevier.es/ramd



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

Follow-up study of diet and nutritional and physical state of young expert Alpine skiers at a training camp

M. Mariscal-Arcas^a, C. Monteagudo^a, A. Palacin-Arce^a, J.A. Tur^b, M.C. Fernández de Alba^c and F. Olea-Serrano^a

^aDepartment of Nutrition and Food Science. University of Granada. Granada. Spain.

^bResearch Group on Community Nutrition and Oxidative Stress. University of the Balearic Islands. Palma de Mallorca. Spain.

^cAndalusian Centre of Sport Medicine (CAMD). Junta de Andalucía. Spain.

History of the article:
Received March 29, 2011
Accepted May 23, 2011

Key words:
Diet.
Physical activity.
Young skiers.

ABSTRACT

Objective. To determine the diet, body composition and physical condition of six young Spanish skiers away from parental control and able to choose their own meals during a training stay at a Chilean ski resort.

Methods. A protocol was developed to record diet, physical condition, training activity, and other incidences. Anthropometric measurements were taken weekly following the Spanish Sports Council protocol for the detection of sport talents. Their physical condition was examined every two weeks.

Results. The six young Alpine skiers showed a considerably higher protein intake than recommendations and a mean percentage of energy from carbohydrates very close to the recommended percentage. The best predictor of iron status is considered to be the proportion of total protein in the diet. This proportion was considerably below recommendations. The BMI and %fat were negatively correlated with performance in flexibility, sit-ups and balance tests.

Conclusions. The body composition of these young sportspeople influenced some physical test results. Despite the absence of parental influence, these children at this training camp freely selected a diet appropriate to their needs.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Palabras clave:
Dieta.
Actividad física.
Jóvenes esquiadores.

RESUMEN

Estudio del seguimiento nutricional y estado físico de jóvenes esquiadores expertos durante una concentración de entrenamiento

Objetivo. Determinar la dieta, la composición corporal y la condición física de seis jóvenes esquiadores españoles, lejos del control paterno y pudiendo elegir su propia comida durante el entrenamiento, alojados en una estación de esquí de Chile.

Métodos. Se desarrolló un protocolo para registrar la dieta, la condición física, la actividad y cualquier otra incidencia. Se tomaron medidas antropométricas semanales siguiendo el protocolo español del Consejo Superior de Deportes para la detección de talentos deportivos. La condición física se examinó cada dos semanas.

Resultados. Los seis jóvenes esquiadores alpinos mostraron una ingesta de proteínas considerablemente mayor que las recomendaciones y un porcentaje medio de energía procedente de carbohidratos muy cercano al recomendado. Un buen indicador del estado del hierro se considera la proporción de proteína total en la dieta. Esta proporción era considerablemente inferior a las recomendaciones. El IMC y el porcentaje graso se correlacionaron negativamente con los test de flexibilidad, pruebas de equilibrio y abdominales.

Conclusiones. La composición corporal de estos jóvenes deportistas influye en los resultados de las pruebas físicas. A pesar de la ausencia de influencia de los padres, estos niños seleccionaron libremente una dieta adecuada a sus necesidades.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondence:
F. Olea-Serrano.
Department of Nutrition and Food Science.
University of Granada.
Campus de Cartuja s/n.
18071 Granada, Spain.
E-mail: folea@ugr.es

Introduction

Nutritionists and other health professionals have long acknowledged the importance of establishing healthy feeding practices during childhood and the first years of adolescence. Diet and exercise patterns acquired in these first years of development establish habits for life and may represent the difference between health and disease in the future^{1,2}. Recommendations for children are designed to foster optimal growth and development and may be less restrictive than those for adults. Various studies have suggested a higher frequency of eating disorders among athletes than among non-athletes, especially in competitive sports and emphasising leanness or low body weight, and there have been calls for joint efforts by athletes, trainers, parents and healthcare personnel to recognise, prevent and treat eating disorders in athletes³. Parents are considered to play a critical role in shaping the diet of their children, and the parent's own intake has been described as an important influential factor⁴.

Nutrition is a major consideration in the sports training of young people due to its interaction with growth and development, the achievement of optimal performance, and the avoidance of injuries and problems associated with nutritional deficiencies⁵. Children and adolescents need an adequate energy intake to ensure proper growth, development, and maturation, and a higher intake is generally required by athletic or very active children and adolescents due to their greater energy expenditure. The energy intake recommended by FAO/WHO/UNU⁶ takes account of age, height and body weight, and physical activity, classified as sedentary, moderately active, active, or very active. Many sports nutritionists and exercise physiologists recommend higher protein intakes (1.7 vs. 1.2 g/kg day) for adult athletes, and the general recommendation for both adults and children is that at least 12-15% of their dietary energy comes from protein⁷. Although an adequate protein intake is important to provide essential amino acids for growth, especially for the maintenance and development of lean body mass, an appropriate intake of energy is also critical to avoid the use of protein as a substrate for energy rather than for synthesizing lean tissues⁸. It is not yet known how these requirements increase in children as a result of endurance training. Because their glycolytic capacity is not fully developed, fats may have an equally important role to that of carbohydrates in supporting intense physical activity⁵. However, this capacity reaches full development during adolescence, and little or no difference is found between 13-15-yr-olds and adults⁹⁻¹¹. Alongside other nutrients, iron and calcium are of special importance during the adolescent growth spurt. The diet of 9 to 18-yr-olds should be rich in calcium to ensure an adequate deposit in bones, which may reduce the risk of osteoporosis in old age^{12,13}. In comparison to adults, besides a greater need for calcium intake to support bone accretion, the energy expenditure by children on physical activity is higher, they have a greater energy requirement per kg body mass, earlier fatigue, lower sodium and chloride losses *via* sweat, and show greater thermoregulatory strain at any level of hypohydration¹⁴⁻¹⁶. With regard to exercise, current recommendations are for ≥ 60 min of moderate and vigorous physical activity ≥ 5 days per week by children aged 5 to 12 years and for ≥ 30 min of moderate and vigorous activity ≥ 5 days per week by adolescents^{17,18}.

Body composition is an important indicator of health status in children and adolescents^{19,20}. Studies on the relationship between body composition and physical fitness in children showed that excessive fatness had a negative impact on the performance of the long jump, sprint or bent arm hang, among other activities²¹. Improving the nutritional status and

physical fitness of children is a key public health objective to enhance the well-being of children and reduce the risk of future disease.

Wilmore²² proposed a body fat percentage of 7-15% for male practitioners of Alpine skiing and 10-18% for female skiers. As a competitive sport, Alpine skiing must usually commence in childhood²³, and new talent is sought among the very young, with skiers specializing at around the age of 8 years. Because climate conditions in southern Spain allow only a short training period (December to April), a select group of the best young skiers take part in training stays in other countries. We hypothesized that young sportsmen and women away from their families at a sports training camp and allowed to freely select from among a wide variety of foods would follow a diet appropriate to their needs and would meet their daily nutritional requirements. We tested this hypothesis in a study whose objective was to determine the diet, body composition and physical condition of a group of six young Spanish skiers away from parental control and able to choose their own meals during a training stay at a Chilean ski resort, comparing their diet with recommendations.

Methods

Subjects

From June to September 2006, three young male and three young female skiers ($n = 6$) from Andalusia (Southern Spain) aged between 9 and 14 years were studied during their training camp at a ski resort in Chile (Osorno-Antillanca). Some were national champions in their specialty and all trained and competed all year round in national and international meetings (they participated in a championship in Chile while in the country). Written informed consent was obtained from all parents or guardians before the study, which was approved by the Ethics Committee of our university. Data collection started from the time of their arrival at the ski resort.

Study protocol

A protocol was developed to record their diet, physical condition, training activity, and other incidences of possible relevance to the study. The children completed a daily questionnaire every day throughout their three-month training stay. Anthropometric measurements were taken weekly following the Spanish Sports Council protocol²⁴ for the detection of sport talents. Their physical condition was examined every two weeks. The daily training regime of the children and any relevant incident were recorded by the trainer and participants.

Food source

Food was locally purchased. The children ate *ad libitum* in the self-service restaurant of the resort that housed their training centre. All food was prepared by Chilean cooks. Interviews were held with the cooks to record the dishes produced. The trainer (MMA) logged the weight of all portions offered, using a Philips HR2395 balance, and the ingredients they contained.

Diet records

Each participant completed a daily dietary register (diary) designed by the authors, noting the daily diet and any snacks or food consumed

outside the regulated meals (breakfast, lunch, afternoon tea and supper). Diet was assessed by using the DietSource computer program²⁵, whose food composition table is known to include all foods and nutrients considered in the present study²⁶.

Anthropometric measurements

Height, weight, and skin-fold measurements of the children were conducted by trained research staff in a private area using standardized equipment and procedures, calculating body composition according to Spanish Sports Council equations²⁴ body mass index (BMI) was subsequently calculated (kg/m^2) and categorized as follows: < 15th percentile = underweight, 15th to 85th percentiles = normal weight, 85th to 95th percentile = overweight, and > 95th percentile = obese^{27,28}.

Physical condition test

Tests from the EUROFIT battery were applied as an organized circuit in the ski resort sport facilities. This battery has been validated and standardized by the European Council and is used by the Spanish Higher Sports Council (<http://www.csd.gob.es/csd/competicion>) to detect talented sportspeople at an early age. The selected tests were: *sit-ups in 30 sec*, *sit-and-reach*, *standing broad jump*, *10 x 5 meters shuttle run* and *flamingo balance* test. Lower limb tests are especially relevant in this type of sport, since the strength and circumference of the lower limbs are directly related to the performance of young and adult athletes^{29,30}. These tests are currently applied to young skiers and used to design their training³¹.

Statistical analysis. Relationships among energy/nutrient intake, nutritional recommendations, physical activity, and the training and performance of the subjects were analyzed by using means, standard deviations (SDs), percentages of Recommended Daily Intake (RDI)³², the Kruskal-Wallis test, the Mann-Whitney U test, Spearman correlations, and Bland and Altman plot^{33,34}. See table footnotes for the application of these tests. SPSS version 15.0 was used for all analyses.

Results

Table 1 and figure 1 show the level of agreement between the two questionnaires according to the Wilcoxon test results, Bland-Altman Plots and Spearman's rank correlation coefficients. These findings verify that the questionnaire and methodology used yielded reproducible results on the dietary intake of macronutrients, energy and the majority of minerals and vitamins.

Table 2 lists the nutritional data, showing that median energy intake over the six weeks was close to or above recommendations for both males and females and that protein intake was much higher than recommendations, with significant variability among weeks among the males ($p < 0.05$). Carbohydrates should provide > 60% of daily energy needs³⁵ and the median over the six weeks was 60.6% in the female group and 56.6% in the males, with significant differences among weeks ($p < 0.05$). The overall intake of fats was close to recommendations in both males and females, with an intake of PUFAs that was below recommendations and an intake of MUFAs that was above recommendations. The median iron intake was only 75.7% of DRI in the females but was 99.5% of DRI in the males, with no statistically significant differences among weeks ($p = 0.102$). The median calcium intake over

the six-week period was 93.3% of DRI in the females and 86.9% of DRI in the males, with significant inter-week differences for the males ($p = 0.03$) but not for the females. This group of young skiers showed a low daily intake of vitamin D and folic acid during their training stay.

Table 3 lists the median anthropometric measurements of the skiers, showing significant differences among participants in all measurements studied ($p < 0.001$). Comparisons between the first and the last week using the Mann-Whitney U test showed significant differences in all measurements except for median height and arm-span.

Physical tests were performed on the first, third and fifth week, finding significant differences found among time points in all tests ($p < 0.001$) except for the sit-up ($p = 0.319$) and left balance ($p = 0.102$) tests in females (table 4). Comparison between females and males found significant differences in all tests at all time points except for sit-up test and 10 x 5 m run. Possible correlations among physical activities and anthropometric variables were examined, and the results (table 5) show that the % muscle in arms and legs was significantly related to the BMI. In relation to the physical tests, the standing jump and flexibility results were significantly and negatively correlated with the BMI and % fat, while the 10 x 5 m run results were positively correlated with the BMI and % fat and negatively related to the standing jump and flexibility results.

Discussion

The main finding of this study was that the six young Alpine skiers in this study had a considerably higher protein intake than recommendations in both males and females and a mean percentage of energy from carbohydrates very close to the recommended percentage^{35,36}. Polyunsaturated fatty acid (FA) levels were below but oleic acid levels were above (mean of around 20 g/day) recommendations, which is characteristic of the Mediterranean type diet³⁷⁻⁴¹. It should be taken into account that the meals consumed during this period featured olive oil, the fat usually consumed in Spain.

The dietary iron and calcium intake of children and adolescents is frequently deficient, which can affect health and physical performance, especially in female athletes^{5,8,42}. The best predictor of iron status is considered to be the proportion (not absolute intake) of total protein in the diet^{43,44}. This proportion was considerably below recommendations among the females and close to recommendations among the males. Calcium is known to interfere with the absorption of heme and non-heme forms of iron⁵. Although exercise *per se* does not increase the need for dietary calcium, it appears advisable to increase calcium intake in certain situations, such as growth periods, as in the case of these young people⁵. No further nutritional deficiencies were observed in the diets of our study subjects. Although there were some significant differences in intake among the young skiers, they all followed a healthy diet and met their recommended daily nutritional requirements, despite the absence of parental or other external control, verifying our study hypothesis.

In the present group, the BMI and %fat were negatively correlated ($p < 0.01$) with performance in flexibility, sit-ups and balance tests. Previous studies in young athletes have demonstrated (generally significant) negative correlations between the BMI and performance in all physical fitness tests for both males and females²¹⁻⁴⁵. BMI is generally an indicator of fatness in the general population²⁰, but a high BMI may indicate greater muscle mass in athletes, explaining the positive relationship found between the 10 x 5 test and the BMI and arm and leg muscular circumferences; it should be taken into account that these young people

Table 1Nutrients of 2nd and 4th week and their level of agreement

Energy/nutrient	2nd week		4th week		Bland-Altman		Wilcoxon test	Rho Spearman
	Median	IQR	Median	IQR	Mean difference	Limits of agreement	P	
Energy (kcal/day)	1868.50	674.00	1906.50	1066.00	-103.39	-251.26 to 44.48	0.098	0.605(**)
Protein (g/day)	50.750	33.40	56.00	31.50	1.59	-5.00 to 8.50	0.523	0.335(*)
Lipids (g/day)	48.250	36.60	57.50	50.00	-9.88	-18.6 to -1.16	0.051	0.312(*)
SFA (g/day)	19.05	14.68	20.20	13.55	-0.33	-3.14 to 3.97	0.793	0.365*
MUFA (g/day)	13.50	12.80	20.45	19.53	-6.17	-10.35 to -1.07	0.011	0.291
PUFA (g/day)	5.00	4.00	5.30	3.90	-0.67	-1.85 to 0.52	0.360	0.382*
Carbohydrates (g/day)	295.40	111.50	308.70	138.00	-8.09	-33.25 to 7.06	0.404	0.606(**)
Phosphorus (mg/day)	928.35	513.10	939.05	525.50	12.17	-81.27 to 173.01	0.922	0.112
Magnesium (mg/day)	226.25	74.93	207.50	91.13	4.06	-11.57 to 33.24	0.922	0.401(**)
Calcium (mg/day)	787.20	364.13	768.75	530.60	93.86	-30.01 to 217.73	0.252	0.113
Iron (mg/day)	10.05	5.78	10.75	5.95	0.01	-1.16 to 1.18	0.928	0.489(**)
Zinc (mg/day)	14.65	17.50	10.00	12.00	3.11	1.45 to 5.72	0.018	0.584(**)
Selenium (ug/day)	68.50	50.55	56.65	42.60	14.35	17.11 to 5.74	0.016	0.363(*)
Copper (ug/day)	1020.70	569.43	994.35	673.60	49.30	-75.37 to 258.75	0.492	0.322(*)
Ascorbic acid (mg/day)	65.80	57.50	72.10	59.73	3.14	-15.95 to 35.18	0.857	0.235
Thiamine (mg/day)	1.25	1.03	1.65	1.13	-0.18	-0.36 to 0.19	0.306	0.183
Riboflavin (mg/day)	1.20	0.60	1.20	0.73	-0.05	-0.29 to 0.18	0.675	0.316(*)
Nicotinic acid (mg/day)	12.30	11.55	13.75	11.63	-0.79	-3.62 to 2.03	0.413	0.444(**)
Pyridoxine (mg/day)	1.35	1.20	1.55	1.35	-0.18	-0.57 to 0.26	0.486	0.359(*)
Vit A (ug/day)	1014.80	1116.20	634.95	947.00	59.83	-286.41 to 454.72	0.351	0.202
Vit D (ug/day)	1.10	0.83	0.80	1.00	0.26	-0.30 to 0.91	0.131	-0.080
Vit E (mg/day)	2.15	5.08	6.05	11.40	3.51	-6.55 to -0.46	0.029	0.311*
Folic acid (ug/day)	123.65	63.55	101.00	51.45	13.22	3.77 to 30.86	0.031	0.564(**)

IQR: interquartile range; MUFA: monounsaturated fatty acids; PUFA: polyunsaturated fatty acids; SFA: saturated fatty acids.

*Significant correlation ($p < 0.05$, bilateral).**Significant correlation ($p < 0.001$, bilateral).**Table 2**

Nutritional data, showing median energy intake over the six weeks

Energy/nutrient	% RDI					
	Median	IQR	K-W test (p)	Median	IQR	K-W test (p)
	Females			Males		
Energy (kcal)	102.50	25.80	0.002	101.00	21.00	0.028
Protein (g)	170.70	37.80	0.055	179.10	49.00	0.038
Lipids (energy %)	26.68	11.10	0.005	31.52	11.19	0.004
SFA (g/d)	20.30	19.15	0.001	21.50	17.65	0.071
MUFA (g/d)	23.80	15.00	0.010	26.60	23.60	0.001
PUFA (g/d)	5.20	4.60	0.023	5.30	4.55	0.161
Carbohydrate (energy %)	60.63	12.74	0.002	56.65	13.85	0.024
Magnesium (mg)	79.10	22.50	0.053	74.80	9.60	0.001
Calcium (mg)	93.30	30.10	0.549	86.90	18.00	0.030
Iron (mg)	75.70	22.00	0.001	99.50	21.10	0.102
Zinc (mg)	158.20	90.70	0.032	117.70	27.40	0.003
Selenium (mg)	225.80	112.10	0.029	188.10	35.50	0.001
Copper (mg)	152.30	51.10	0.012	191.70	31.00	0.253
Ascorbic acid (mg)	181.10	45.00	0.001	128.50	46.60	0.001
Thiamine (mg/day)	224.00	141.90	0.023	173.90	56.70	0.021
Riboflavin (mg/day)	100.90	31.00	0.001	99.60	12.90	0.030
Pyridoxine (mg/day)	95.80	43.70	0.001	122.50	35.60	0.030
Vit A (ug/day)	139.40	100.80	0.314	168.80	86.10	0.030
Vit D (ug/day)	28.20	18.00	0.860	25.20	13.50	0.001
Vit E (mg/day)	96.10	57.90	0.002	61.70	9.30	0.293
Folic acid (ug/day)	47.00	10.90	0.067	44.70	6.80	0.067

*Kruskal-Wallis test. Significant correlation ($p < 0.05$, bilateral).

RDI: recommended daily intake.

were within normal BMI percentiles with respect to the Spanish population⁴⁶.

The monitoring of this group for six weeks was facilitated by the interest of the group and by the fact that they maintained a personal diary as part of their training protocol, minimizing the effort required to record study data. The body composition of these young sportspeople influenced some physical test results. Despite the absence of parental influence, these children at this training camp freely selected a diet appropriate to their needs.

Conflict of interest statement

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

The authors wish to thank Richard Davies for his assistance with the English version and the Altitude Training Centre (CAR) of Sierra Nevada

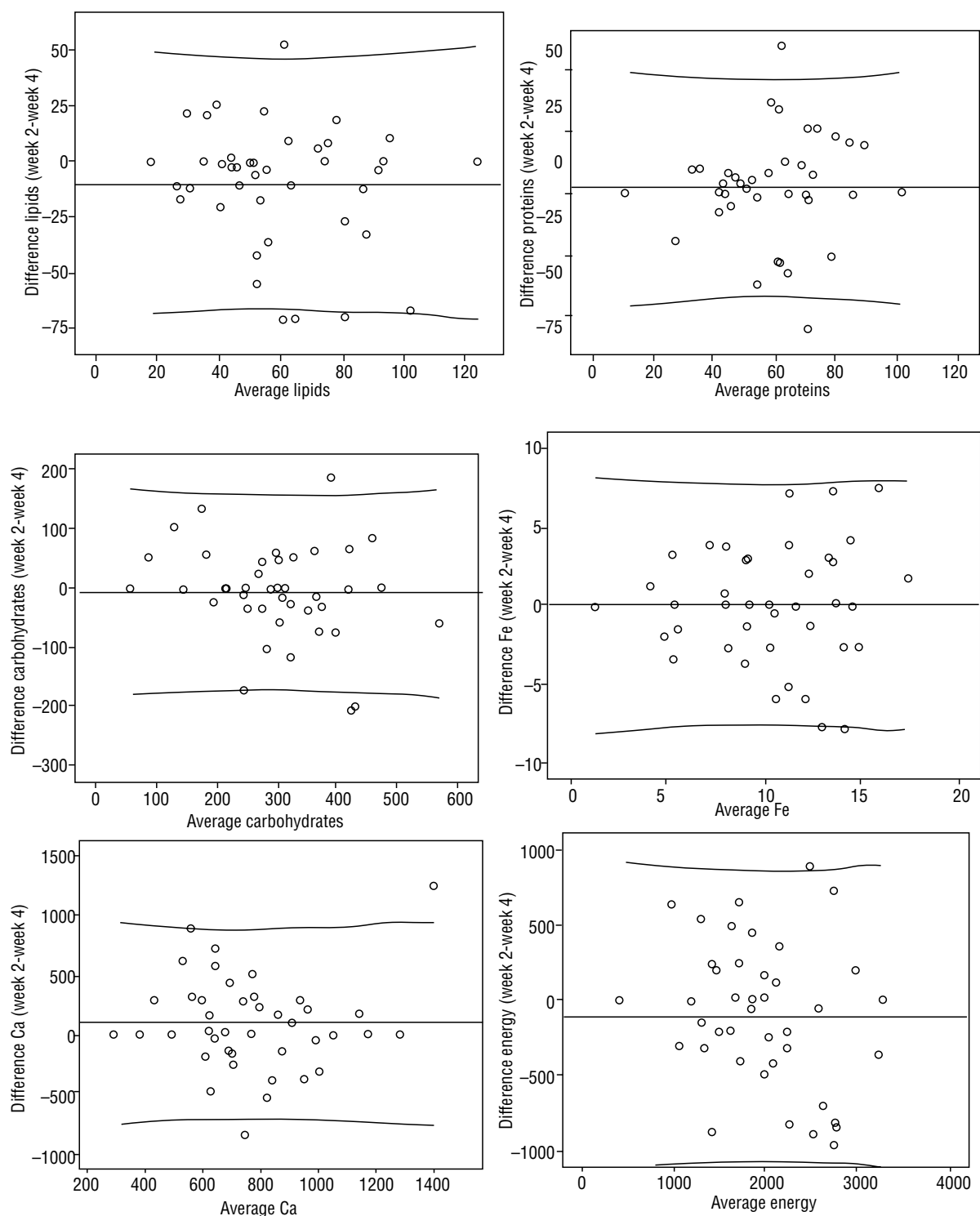


Fig. 1. Bland-Altman plot for questionnaire validation: a) lipid intake, b) protein intake, c) carbohydrate intake, d) Fe intake, e) Ca intake, f) energy intake.

Table 3

Mean anthropometric values; Kruskal-Wallis test throughout the 6 weeks and Mann-Whitney U test between the first and last week

Test	Females			Males			M-W U Test
	Median	IQR	K-W test p*	Median	IQR	K-W test p*	
Weight	31.50	27.00	0.001	36.50	19.50	0.001	0.042
Height	141.10	26.50	0.001	149.30	24.80	0.001	0.681
BMI (kg/m ²)	17.80	6.90	0.001	16.50	4.40	0.001	0.001
Arm muscle circumference (cm)	21.40	7.47	0.001	20.95	5.35	0.001	0.001
Leg muscle circumference (cm)	40.30	13.80	0.001	40.91	7.00	0.001	0.001
Height sitting	74.00	16.40	0.001	76.50	10.50	0.001	0.003
Arm span	145.00	31.50	0.001	147.60	22.30	0.001	0.265
Baseline metabolism	573.90	280.50	0.001	1231.10	357.80	0.001	0.001
Cormic index	53.30	1.98	0.001	51.60	1.75	0.001	0.001
Skeletal index	87.50	6.90	0.001	93.90	6.60	0.001	0.001
Relative arm span	101.90	3.90	0.001	99.20	1.90	0.001	0.001
Fat percentage	22.10	10.10	0.001	14.10	11.70	0.001	0.001

Table 4

Mean values of the physical test and ANOVA of the first, third and fifth week. T test for comparisons in physical tests between first and last week

Test	Females			Males			M-W U Test
	Median	IQR	K-W test p*	Median	IQR	K-W test p*	
Horizontal jump (m)	1.61	0.54	0.001	1.80	0.38	0.001	0.001
Flexibility (cm)	30.50	8.00	0.001	25.00	9.00	0.001	0.001
10 × 5 (sec)	14.79	1.75	0.001	14.13	2.80	0.001	0.472
Sit-ups (rep abdominals)	37.00	30.00	0.319	40.00	31.00	0.002	0.387
Left balance (sec)	4.97	3.24	0.102	3.41	2.04	0.001	0.001
Right balance (sec)	4.16	3.65	0.001	3.18	2.80	0.001	0.014

Mann-Whitney (M-W) U test, median comparison between sexes. Kruskal-Wallis (K-W) test in same sex.

*Significant correlation (p < 0.05, bilateral).

Table 5

Spearman's Rho for estimated anthropometric data and physical tests

	BMI	Fat %	Arm muscle Percent	Leg muscle Percent	Horizontal jump	Flexibility	10 x 5m	Sit-ups	Left balance
BMI	1.000								
% fat	0.763*	1.000							
Arm mus percent	0.576*	0.498*	1.000						
Leg mus percent	0.555*	0.496*	0.948*	1.000					
Horizont jump	-0.573*	-0.567*	0.218	0.183	1.000				
Flexibility	-0.628*	-0.287	-0.034	-0.003	0.351	1.000			
5 x 10m	0.832*	0.694*	0.132	0.159	-0.692*	-0.740*	1.000		
Sit-ups	-0.352	-0.113	0.191	0.185	0.259	0.536*	-0.506*	1.000	
Left balance	-0.185	-0.256	-0.340	-0.371	-0.218	0.301	-0.194	-0.087	1.000
Right balance	-0.185	0.015	0.336	0.394	0.259	0.567*	-0.332	0.524*	0.229

*Significant correlation (p < 0.05, bilateral).

BMI: body mass index.

(CSD) for collaboration in the development of this study. This study was supported by the Junta de Andalucía, Spain (Research Group AGR-255 "Nutrition, Diet and Risk Assessment"), a Research Project nº FMD2010SC0071 by Consejería de Turismo, Comercio y Deporte (Junta de Andalucía), a collaboration agreement with Andalusian Centre of Sport Medicine (Junta de Andalucía), and a Postdoctoral Grant from the University of Granada (Spain) and a FPU Programme from the Spanish Ministry of Education and Science.

References

- Catenacci VA, Hill JO, Wyatt HR. The obesity epidemic. Clin Chest Med. 2009;30(3):415-44.
- McMillen IC, Rattanatrak L, Duffield JA, Morrison JL, MacLaughlin SM, Gentili S, et al. The early origins of later obesity: pathways and mechanisms. Adv Exp Med Biol. 2009;646:71-81.
- Sundgot-Borgen J, Torstveit MK, Skårderud F. [Eating disorders among athletes]. Tidsskr Nor Lægeforen. 2004;124(16):2126-9.
- Raynor HA, Van Walleghen EL, Osterholt KM, Hart CN, Jelalian E, Wing RR, et al. The relationship between child and parent food hedonics and parent and child food group intake in children with overweight/obesity. J Am Diet Assoc. 2011;111(3):425-30.
- Petrie HJ, Stover EA, Horswill CA. Nutritional concerns for the child and adolescent competitor. Nutrition. 2004;20:620-31.
- FAO/WHO/UNU. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation Rome, 17-24 October 2001.
- Maughan RJ, Burke LM. Sports nutrition. Malden, MA: Blackwell Science; 2002.
- Rodríguez NR, DiMarco NM, Langley S; American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine. University of Connecticut, Storrs, USA. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. J Am Diet Assoc. 2009;109(3):509-27.
- Haralambie G. Enzyme activities in skeletal muscle of 13-15 years old adolescents. Bull Eur Physiopathol Resp. 1982;18:65.
- Boisseau N, Delamarche P. Metabolic and hormonal responses to exercise in children and adolescents. Sports Med. 2000;30(6):405-22.

11. Van Praagh E, Dore E. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med*. 2002;32(11):701-28.
12. Salamoun MM, Kizirian AS, Tannous RI, Nabulsi MM, Choucair MK, Deeb ME, et al. Low calcium and vitamin D intake in healthy children and adolescents and their correlates. *Eu J Clin Nutrition*. 2005;59:177-84.
13. Croll JK, Neumark-Sztainer D, Story M, Wall M, Perry C, Harnack L. Adolescents involved in weight-related and power team sports have better eating patterns and nutrient intakes than non sport-involved adolescents. *J Am Diet Assoc*. 2006;106:709-17.
14. Macdougall JD, Roche PD, Bar-Or O, Moroz J. Maximal aerobic capacity of Canadian school children: Prediction based on age-related oxygen cost of running. *Int J Sports Med*. 1983;4:194-8.
15. Sallis JF, Buono MJ, Freedson PS. Bias in estimating caloric expenditure from physical activity in children: Implications for epidemiological studies. *Sports Med*. 1991;11:203-9.
16. Bar-Or O. Nutritional considerations for the child athlete. *Can J Appl Physiol*. 2001;26Suppl:S186-91.
17. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. American College of Sports Medicine. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins; 2005.
18. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Trends in strength training--United States, 1998-2004. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2006;55(28):769-72.
19. Deurenberg P, Deurenberg-Yap M, Foo LF, Schmidt G, Wang J. Differences in body composition between Singapore Chinese, Beijing Chinese and Dutch children. *Eur J Clin Nutr*. 2003;57(3):405-9.
20. Monyeki MA, Koppes LL, Kemper HC, Monyeki KD, Toriola AL, Pienaar AE, et al. Body composition and physical fitness of undernourished South African rural primary school children. *Eur J Clin Nutr*. 2005;59(7):877-83.
21. Brunet M, Chaput JP, Tremblay A. The association between low physical fitness and high body mass index or waist circumference is increasing with age in children: the Quebec en Forme. *Project Int J Obes (Lond)*. 2007;31(4):637-43.
22. Wilmore JH, Costill DL. *Fisiología del ejercicio y del deporte*. Barcelona: Ed. Paidotribo; 2004.
23. Klika RJ, Malina RM. Predicting skiing performance in 14-18 year old competitive alpine skiers. En: Müller E, Schwameder H, Kornel E, Raschner C, editores. *Science and skiing*. London: E and FN Spon; 1997. p. 272-85.
24. <http://www.csd.gob.es/csd/competicion>
25. Jiménez Cruz A, Cervera Ral P, Bacardi-Gascon M. 2001 Novartis-Dietsource version 1.2. ©0105071807.
26. Mariscal-Arcas M. *Nutrition and physical activity in Spanish children and adolescents*. Granada: University of Granada; 2006.
27. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-3.
28. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey *BMJ*. 2007;335:194.
29. Berg HE, Eiken O. Muscle control in elite alpine skiing. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31(7):1065-7.
30. Szmedra L, Im J, Nioka S, Chance B, Rundell KW. Hemoglobin/myoglobin oxygen desaturation during Alpine skiing. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(2):232-6.
31. Gross MA, Breil FA, Lehmann AD, Hoppeler H, Vogt M. Seasonal variation of VO₂ max and the VO₂-work rate relationship in elite Alpine skiers. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(11):2084-9.
32. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. *Tablas de composición de alimentos*, 11th ed. Madrid: Pirámide; 2007.
33. Altman DG, Bland JM. Statistics notes: the normal distribution. *BMJ*. 1995;310(6975):298.
34. Martínez González MA, Sánchez-Villegas A, Faulin-Fajardo J. *Bioestadística amigable*. Madrid: Díaz de Santos; 2006.
35. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (2002/2005). The National Academies Press, Washington D.C.
36. Yates AA. Dietary reference intakes: concepts and approaches underlying protein and energy requirements. *Nestle Nutr Workshop Ser Pediatr Program*. 2006;(58):79-90.
37. Sanders TA. Olive oil and the Mediterranean diet. *Int J Vitam Nutr Res*. 2001;71(3):179-84.
38. Lørgen M, Salen P. The Mediterranean-style diet for the prevention of cardiovascular diseases. *Public Health Nutr*. 2006;9(1A):118-23.
39. Mariscal-Arcas M, Romaguera D, Rivas A, Feriche B, Pons A, Tur JA, et al. Diet quality of young people in southern Spain evaluated by a Mediterranean adaptation of the Diet Quality Index-International (DQI-I). *Br J Nutr*. 2007;98(6):1267-73.
40. Mariscal-Arcas M, Rivas A, Velasco J, Ortega M, Caballero AM, Olea-Serrano F. Evaluation of the Mediterranean diet quality index (KIDMED) in children and adolescents in Southern Spain. *Public Health Nutr*. 2009;12(9):1408-12.
41. Mariscal-Arcas M, Rivas A, Monteagudo C, Granada A, Cerrillo I, Olea-Serrano F. Proposal of a Mediterranean diet index for pregnant women. *Br J Nutr*. 2009;102(5):744-9.
42. Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*. 2004;20(7-8):632-44.
43. Mulvihill CB, Davies GJ, Rogers PJ. Dietary restraint in relation to nutrient intake, physical activity and iron status in adolescent females *J Hum Nutr Diet*. 2002;15(1):19-31.
44. Gunnarsson BS, Thorsdottir I, Palsson G. Associations of iron status with dietary and other factors in 6-year-old children. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61(3):398-403.
45. Graf C, Koch B, Kretschmann-Kandel E, Falkowski G, Christ H, Coburger S, et al. Correlation between BMI, leisure habits and motor abilities in childhood (CHILT-project). *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28(1):22-6.
46. Serra-Majem L, Aranceta Bartrina J, Pérez-Rodrigo C, Ribas-Barba L, Delgado-Rubio A. Prevalence and determinants of obesity in Spanish children and young people. *Br J Nutr*. 2006;96 Suppl 1:S67-72.



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2011;4(3):116-124

www.elsevier.es/ramd



Revisión

Entrenamiento de fuerza combinado con oclusión parcial superimpuesta. Una revisión

I. Chulvi-Medrano

Servicio de Actividad Física de NOWYOU. Valencia, España.

Historia del artículo:

Recibido el 18 de enero de 2011

Aceptado el 1 de mayo de 2011

Palabras clave:

Restricción de flujo sanguíneo.

Entrenamiento de fuerza.

Oclusión vascular.

Key words:

Restriction of blood flow.

Resistance training.

Vascular occlusion.

RESUMEN

Recientemente se ha combinado la realización de ejercicio físico con la restricción parcial de flujo sanguíneo muscular. Esta nueva metodología de entrenamiento se realiza con ejercicio de muy baja intensidad, pero obtiene beneficios tanto estructurales como funcionales, muy similares a los conseguidos con entrenamientos de elevada intensidad. Consecuentemente, se puede mejorar la condición física sin daños musculares ni sobrecargas excesivas a nivel cardiovascular, aunque requiere de gran motivación para su ejecución. No obstante, esta novedosa metodología apunta hacia su posible aplicación en segmentos de la población que necesitan beneficiarse de la práctica de ejercicio físico pero tienen contraindicado el ejercicio de alta intensidad. Así pues, el objetivo de la presente revisión es enumerar las respuestas y los beneficios de la oclusión parcial de flujo sanguíneo, discutir los mecanismos fisiológicos y establecer recomendaciones generales para su aplicación y sugerir futuros estudios.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Resistance training combined with superimposed partial occlusion. A review

Recently it has combined physical exercise with partial restriction of muscle blood flow. This new methodology of training can be applied with low intensity exercise stimulus, but get both structural and functional benefits, similar to those achieved with more intensive training. Consequently, it can improve fitness without excessive strain or muscle damage at the cardiovascular level but it requires great motivation for implementation. However, this new method points to its possible application in segments of the population who need to benefit from physical exercise but have contraindications to the high-intensity exercise. Thus, the purpose of this review is to list the answers and the benefits of partial occlusion of blood flow, to discuss the physiological mechanisms and to establish general recommendations for its implementation and suggest future studies.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

I. Chulvi-Medrano.

Falta

Falta.

Introducción

Actualmente resulta innegable la importancia que han cobrado los programas de acondicionamiento neuromuscular en el campo del entrenamiento deportivo^{1,2}. En la última década, la investigación ha obtenido evidencias suficientes como para recomendar el entrenamiento neuromuscular sistemáticamente como herramienta para preservar la salud integral de quien lo practica³⁻⁵. Los beneficios reconocidos del entrenamiento muscular adecuado pueden disfrutarse a cualquier edad⁵, incluyendo edades prepuberales y nonagenarias⁶.

Los especialistas en entrenamiento de fuerza recomiendan fundamentar los programas de entrenamiento en la individualización, la variación y la progresión⁵. Sin embargo, en ciertas circunstancias resulta prácticamente imposible realizar progresiones del entrenamiento hacia mayores intensidades, para obtener hipertrofia muscular (al menos el 65% de una repetición máxima [1RM]⁵, y hasta el 80-95% 1RM)⁷, como es el caso de lesiones, limitaciones ortopédicas, patologías o inadaptación a las cargas. Ante estas situaciones la progresión del entrenamiento está comprometida, y con ella los potenciales beneficios derivados del incremento morfológico y funcional del sistema neuromuscular.

Así pues, encontrar alternativas al entrenamiento de alta intensidad, para que puedan ser realizadas por aquellos segmentos de la población que no tienen acceso a él es un objetivo de vital importancia, y entre estos segmentos destaca especialmente la población adulta con tendencia a la sarcopenia o la dinapenia⁸.

En la presente revisión se profundiza en una alternativa que deriva de ensayos japoneses que de forma preliminar han obtenido resultados similares sobre el incremento de la fuerza y la hipertrofia muscular a los conseguidos por el entrenamiento de alta intensidad. Esta herramienta metodológica se conoce como entrenamiento con oclusión vascular superimpuesta (*Kaatsu por su nombre comercial en Japón*).

Debido a su popularidad, se realizó una encuesta entre los entrenadores y hospitales que aplicaban el Kaatsu en Japón (105 encuestados) y las conclusiones de dicha investigación fueron¹⁹: a) es aplicable a un gran rango de edad, desde jóvenes adultos, hasta ancianos; b) el principal objetivo de su aplicación fue el fortalecimiento muscular deportivo o la promoción de la salud; c) ha sido aplicado exitosamente en condiciones fisiopatológicas como *enfermedades cerebrovasculares, problemas ortopédicos, diabetes mellitus, hipertensión y enfermedades respiratorias*; d) el Kaatsu ha sido combinado con los ejercicios de caminar, pedalear y ejercicios de fuerza; e) la dosis media ha sido desde 5 hasta los 30 minutos, con una frecuencia de entre 1 y 3 días semanales; f) el 80% de los encuestados está satisfecho con los resultados obtenidos; g) sólo se ha observado un pequeño número de efectos laterales de carácter leve.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la presente revisión ha sido revisar la literatura respecto al entrenamiento de fuerza combinado con oclusión parcial superimpuesta, para detallar los principales efectos y los posibles mecanismos biológicos, además de realizar unas recomendaciones y aplicaciones prácticas, así como sugerir posibles estudios futuros.

Método

Se ha realizado una revisión de la literatura publicada, sin importar el diseño del estudio, en relación con el entrenamiento de fuerza con oclusión vascular superimpuesta. La búsqueda se ha limitado a trabajos en-

tre 1990 y 2011 (cerrando la búsqueda en mayo del 2011), utilizando las bases de datos SportsDiscus y MedLine. Para la búsqueda, se usaron las palabras clave *ischaemic training, low blood flow training, kaatsu* o la combinación de las mismas. Si en alguno de los trabajos encontrados aparecía alguna referencia de interés se realizaba una búsqueda adicional. La búsqueda fue restringida a trabajos en inglés. Para ampliar la búsqueda fueron consultados manuales específicos tanto en inglés como en español.

El principal criterio de inclusión para el análisis del estudio relativo al entrenamiento con oclusión fue que estuviese publicado en un *journal peer-review*, y que el estudio hubiese sido realizado en seres humanos aplicando una oclusión parcial del flujo sanguíneo mediante un torniquete externo. Así pues, no fueron incluidos para la presente revisión los estudios llevados a cabo con animales, ni con aplicación de oclusiones vasculares quirúrgicas.

La búsqueda generó 259 referencias relevantes. Cuando fueron leídos los *abstracts* con posibilidad de inclusión, se obtuvieron los artículos completos para ser leídos y analizados.

Del total de estudios que fueron aceptados para la presente revisión siguiendo los criterios de inclusión/exclusión, 54 fueron estudios originales y 9 revisiones sistemáticas.

Entrenamiento con oclusión vascular parcial superimpuesta

El fenómeno de oclusión vascular (reducción del flujo sanguíneo) ha sido ampliamente estudiado desde el campo de la fisiopatología debido a las lesiones subsiguientes a esta situación de isquemia-reperusión (I-R)^{10,11}, resultando ampliamente estudiado en el corazón¹², o tras un implante de órganos¹³. Los mecanismos lesivos de la I-R acontecen a nivel celular y a nivel molecular, afectando de forma similar a los órganos afectados¹⁴. En este sentido, parecen existir evidencias suficientes como para sugerir que los mecanismos lesivos responden a una respuesta sistémica inflamatoria^{15,16} o a una disfunción orgánica múltiple¹⁶.

En el caso del entrenamiento con oclusión vascular parcial superimpuesta (OCPS) se produce una situación fisiopatológica muy similar a I-R. Es decir, se reduce parcialmente el flujo sanguíneo –en este caso muscular– por medio de un torniquete externo, y se realiza el esfuerzo muscular con baja intensidad¹⁷.

Diversos estudios han encontrado que esta modalidad de entrenamiento (OCPS) obtiene mejoras similares sobre la fuerza y la hipertrofia cuando es comparado con el entrenamiento de alta intensidad¹⁸⁻²⁰. Algunos autores han expuesto los posibles mecanismos que explicarían esta respuesta similar y que son enumerados a continuación.

Incremento de la respuesta hormonal anabólica

El entrenamiento con OCPS incrementa significativamente la liberación de hormonas con una potente acción sobre el crecimiento muscular como es la hormona del crecimiento (GH), IGF-1, NA^{21,22}.

Acumulación de metabolitos que acidifican el entorno y facilitan la producción de hormona del crecimiento

El entrenamiento con OCPS incrementa la acidez intramuscular, situación que podría ser la causante del incremento en la producción de GH por el entrenamiento OCPS²¹⁻²³.

Mayor reclutamiento de las fibras rápidas

La OCPS deriva a un entorno hipóxico que requerirá el reclutamiento de nuevas unidades motoras anaeróbicas para mantener el nivel de fuerza^{21,24}. Según el principio del tamaño o de Henneman, estas unidades con mayor capacidad de generar fuerza y con mayor potencial hipertrófico son reclutadas con grandes esfuerzos. No obstante, el OCPS podría permitir entrenar con bajas cargas y obtener el mismo reclutamiento de fibras rápidas que durante entrenamientos de alta intensidad²⁵, tal y como ha sido sugerido por Carpinelli²⁶ tras su replanteamiento fisiológico del principio del reclutamiento de Henneman.

Los mecanismos desencadenados por la oclusión potenciarán los efectos del entrenamiento de fuerza de baja intensidad. Incremento de la síntesis proteica por activación de señalizaciones intracelulares²²

Existen robustas evidencias que demuestran que el ejercicio activa señalizaciones intracelulares que incrementan la subsiguiente síntesis de proteínas y crecimiento celular²⁷, especialmente el entrenamiento contra resistencias²⁸ debido a la tensión mecánica que desencadena²⁹.

Diversos estudios han intentado discernir cuáles son los mecanismos biológicos y de señal celular que promueve la síntesis proteica que desencadenará el crecimiento celular como consecuencia del OCPS. Así por ejemplo, Drummond et al³⁰ identificaron que una sesión de OCPS alteraba el mARN durante el periodo post-ejercicio para los genes asociados con el crecimiento muscular y el *turnover* proteico, regulador en el desarrollo y respuesta de daño del ADN (REDD1) (↓), factor 1 alfa inducido por la hipoxia (HIF-1alfa) (↓), inhibidor de la cinasa dependiente de la ciclina 1a p21 (↑), diferenciación miogénica MyoD (↑), *muscle-specific ring finger* MuRF1 (↑), miostatina (↑).

S6K1, mTOR

En 2007, Fujita et al³¹ registraron un incremento de la síntesis proteica del músculo por una mayor actividad de la fosforilación de la ribosoma S6 kinasa 1, sugiriéndose un incremento de la translación para la posterior síntesis proteica. También sugirieron que la activación de la vía de señalización celular del *mammalian target of rapamycin* (mTOR) puede estar muy involucrada en la hipertrofia muscular tras el entrenamiento OCPS. La importancia de la vía de la mTOR en la hipertrofia inducida por el OCPS ha sido corroborada en una reciente investigación³².

En un estudio llevado a cabo con ratas a las que se les aplicó una oclusión crónica, los factores más importantes que justifican el incremento de la masa muscular fueron las proteínas de choque térmico (*heat shock protein*-72 [HSP-72]), descenso de la expresión de la miostatina y el incremento en la actividad de la sintasa-1 del óxido nítrico (NOS-1)^{24,33}.

Efectos estructurales de la oclusión vascular parcial superimpuesta

Uno de los efectos principales del OCPS se centra en las modificaciones estructurales que desencadena pese a realizar un estímulo de entrenamiento de baja intensidad y gran número de repeticiones, en cortos periodos de tiempo.

Estos cambios resultan similares a los recogidos en estudios de 2-3 meses de duración aplicando mayores intensidades de las llevadas a cabo por el OCPS³⁴.

Debido al perfil de baja intensidad del entrenamiento, ha sido ampliamente utilizado en personas con debilidad muscular, atrofas y personas de edad avanzada.

La aplicación del OCPS generó mayor recuperación que un protocolo típico de re-musculación basado en las isometrías, en sujetos sometidos a un proceso de debilitamiento muscular por dos semanas³⁴. De la misma forma, el OCPS se ha mostrado eficaz en un caso de mioisitis, obtenido por Gualano et al³⁵. Esta patología, considerada una miopatía inflamatoria idiopática rara, está caracterizada por una atrofia muscular generalizada. En este ensayo, el sujeto realizó 12 semanas de entrenamiento de fuerza combinado con oclusión vascular, obteniendo incrementos de la masa muscular³⁵.

Otra característica del OCPS es la prevención de atrofas ante situaciones que pueden desencadenarlas, como es el caso de las lesiones, así pues, Sata³⁶ aplicó el entrenamiento de oclusión en una paciente con tendinitis rotuliana, y observó que se reducía el dolor y se evitaba la atrofia del músculo cuádriceps típica de esta lesión.

Ishii et al³⁷ relacionan el porcentaje de incremento en el área de sección transversal muscular con la magnitud de la oclusión. Esta idea surge al comparar su moderado incremento de un 3%, aplicando oclusiones de 50-80 mm Hg para los ejercicios de miembros superiores y de 80-120 mm Hg para los miembros inferiores, frente a otros estudios que observan mayores grados de hipertrofia. Incrementos de entre un 7 y 8% de la masa muscular fueron descritos por Abe et al²², en sujetos activos pero sin experiencia en el entrenamiento neuromuscular tras 24 sesiones de intervención –a razón de 2 sesiones diarias durante 2 semanas– con OCPS.

El objetivo del estudio liderado por Yasuda et al³⁴ fue determinar el porcentaje de crecimiento en el tipo de fibra muscular tras una intervención de OCPS basada en la realización de 2 sesiones diarias durante 2 semanas. Estos investigadores comunican un incremento de un 27% para las fibras tipo II y un incremento del 6% para las fibras tipo I. Con estos resultados, los autores sugieren que el OCPS genera una hipertrofia preferencial sobre las fibras tipo II.

Estos incrementos tróficos (3,1%) del sistema muscular han sido descritos incluso tras entrenamiento de fuerza con OCPS durante 7 días con menos de 24 horas de recuperación entre sesiones³⁸.

Takarada et al³⁹ han demostrado que los efectos del OCPS sobre el incremento de la masa muscular pueden encontrarse incluso en deportistas de alto nivel –*jugadores de rugby*–.

Aunque no existe un consenso unánime sobre el mecanismo explicativo de la hipertrofia muscular ante el estímulo del OCPS, Madarame et al⁴⁰ detectan que el efecto provocado por el entrenamiento con oclusión en las piernas puede afectar positivamente a los brazos (*cross-transfer effect*), sugiriendo que probablemente existen factores sistémicos liberados tras el entrenamiento. Pese a este efecto, los propios autores asumen la necesidad de un estímulo local obtenido por el ejercicio físico con el fin de favorecer la hipertrofia muscular.

La aplicación del OCPS para la mejora del tronco superior (pectoral mayor y gran dorsal, principalmente) resulta imposible, puesto que la ubicación del torniquete requeriría colocarse sobre la región cervical, con todas las complicaciones que ello supondría. Sin embargo, con el objetivo de ver la influencia de colocar el torniquete en los brazos mientras se realiza un ejercicio de *press* de banca, Yasuda et al⁴¹ detectaron un incremento de la masa muscular del pectoral mayor de un 16%, en 10 jóvenes sanos con poca o nula experiencia en el entrenamiento de fuerza. Una potente

limitación de este estudio es la falta de un grupo de entrenamiento sin OCPS para poder comparar los efectos del entrenamiento sin OCPS, y discernir si el incremento puede atribuirse a la aplicación de la oclusión.

Los efectos del OCPS no resultan exclusivos del entrenamiento contra resistencias. Su aplicación durante un entrenamiento aeróbico basado en caminar 5 series de 2 minutos 2 veces al día, con una frecuencia de 6 días a la semana durante 3 semanas, produjo un incremento del área de sección transversal muscular de aproximadamente un 2% por semana durante un estudio que se prolongó hasta 3 semanas de intervención⁴².

Las respuestas tróficas del entrenamiento OCPS han sido registradas también en personas de edad avanzada. En esta línea, el reciente ensayo de Abe et al⁴³ demuestra un incremento del volumen muscular de las piernas entre un 6 y un 10,7% tras un programa de entrenamiento aeróbico combinado con oclusión.

Los resultados de la combinación de ejercicio físico, ya sea orientado a la aptitud neuromuscular o a la cardiovascular, ven amplificado el estímulo biológico debido a la isquemia provocada por el OCPS.

Efectos funcionales de la oclusión vascular parcial superimpuesta

Además del incremento de la sección transversal del músculo, el OCPS ha obtenido resultados a nivel funcional muy alentadores para diferentes poblaciones.

Población adulta con edad avanzada

El incremento de fuerza muscular en las piernas de un grupo de hombres de edad avanzada que practicaba OCPS combinado con 20% de 1RM incrementó de igual forma que en un grupo similar que realizó los mismos ejercicios con un 80% 1RM⁴⁴.

Takarada et al⁴⁵ registran incrementos de fuerza muscular en las piernas de un grupo de hombres de edad avanzada que practicaba OCPS combinado con un 20% de 1RM. En un estudio posterior de características similares se obtuvieron registros muy parecidos, pero además añadieron que los incrementos de fuerza resultaban similares a los registrados cuando se realizaba el mismo entrenamiento sin OCPS pero con una intensidad de un 80%⁴⁴.

De forma añadida, el OCPS aplicado a ejercicio cardiovascular como caminar, durante 20 minutos con una intensidad del 45% de la frecuencia cardíaca de reserva con una frecuencia de 4 días semanas durante 10 semanas, también ha generado incremento de la fuerza muscular isocinética (22%) e isométrica (5,9%), además de aumentar en un 3,7% la masa muscular en un grupo de 10 personas que superaban los 64 años⁴⁶.

Población joven

Las mejoras de la aplicación del OCPS también han sido descritas en población atlética. Así pues, Abe et al⁴⁷ observan que la aplicación de OCPS durante 8 días produce un incremento de la velocidad en un test de *sprint* de 30 metros y un incremento de un 10% de la fuerza en la prensa de piernas. En otro estudio similar, Takarada et al³⁹ describen un incremento de la fuerza y la resistencia musculares en un grupo de jugadores de rugby.

De forma aguda, la oclusión parcial puede significar una reducción entre una 24-33% de la fuerza máxima isométrica frente a una reducción aproximada del 19% cuando se realiza el mismo esfuerzo sin dicha oclusión⁴⁸.

Abe et al³⁸, tras un estudio de caso único con una persona de 47 años, pudieron determinar un incremento aproximado de un 3% en la fuerza isométrica y de un 18% de la fuerza dinámica de los extensores de la rodilla tras una intervención consistente en un entrenamiento de 7 días consecutivos con OCPS dos veces al día.

Los efectos tanto de mejora de la fuerza muscular, como de incremento hipertrófico, parecen obtenerse con un entrenamiento de baja intensidad. A esta conclusión llegan Laurentino et al⁴⁹, quienes no encontraron diferencias significativas entre la aplicación del OCPS con intensidades elevadas (6RM [80%]) frente a intensidades moderadas (12RM [60%]).

Al igual que el incremento de la masa muscular, la fuerza muscular de las piernas también se incrementa tras un periodo de entrenamiento aeróbico –caminando– aplicando el OCPS^{42,50}.

Población lesionada o enferma

El declive inherente a los procesos de no-carga, como es un encamamiento, puede revertirse con la aplicación de la oclusión parcial⁵¹. Así pues, tal y como ha sido sugerido por diversos autores, podría ser una herramienta muy útil para los astronautas y las personas con encamamiento forzado^{52,55}.

El OCPS ha demostrado sus potenciales beneficios, incluso en patologías musculares inflamatorias como es una miositis³⁵.

Para el tratamiento de una tendinitis rotuliana, Sata³⁶ aplicó el entrenamiento de oclusión, y observó que se reducía el dolor y que se evitaba la atrofia del cuádriceps típica de esta lesión, sin generar efectos adversos.

Respuestas agudas de la oclusión vascular parcial superimpuesta

Respuestas musculares de la oclusión vascular parcial superimpuesta (electromiograma y daño muscular)

Una de las hipótesis a la que se pueden atribuir los efectos del entrenamiento del OCPS es el incremento de la actividad muscular. El electromiograma (EMG) durante ejercicios con OCPS fue el objetivo de diversos estudios, que han demostrado un incremento de la EMG durante el ejercicio con oclusión parcial^{24,39,45}.

Atendiendo a los trabajos más recientes, puede ser corroborada dicha conclusión tanto para los grupos musculares ocluidos directamente^{54,55}, como para aquellos que no están ocluidos directamente³⁴, deduciéndose, por tanto, la importancia de los factores sistémicos tanto a nivel hormonal como metabólico²², como se ha visto anteriormente.

En primer lugar, Yasuda et al⁵⁴ encontraron un incremento de la actividad muscular para el bíceps braquial –durante el ejercicio de *curl* de bíceps–. Además, los autores encontraron que la compresión óptima para obtener los valores más elevados de EMG se encontraban entre 147 y 160 mm Hg. Un factor destacable del estudio fue que no existió un incremento de la fatiga paralelo al incremento de la EMG. El incremento de la EMG y su relación con la actividad muscular también ha sido encontrado en los músculos de la pierna cuando se aplica OCPS⁵⁵.

En una investigación previa, se observó que la ejecución del *press* de banca con oclusión parcial realizado al 30% de 1RM correspondía a valores de actividad muscular del pectoral mayor, muy próximos a los obtenidos para el mismo ejercicio sin oclusión con una carga del 60-70% 1RM⁵⁶.

El fenómeno que podría explicar que los valores de EMG sean similares entre el OCPS y el entrenamiento de alta intensidad dependen principalmente de la carente disponibilidad de oxígeno que requerirá del

reclutamiento de motoneuronas adicionales para compensar el déficit en la capacidad de generar fuerza²².

Con respecto al daño muscular, existe una escasa producción científica; así Loenneke et al⁵⁷, en su trabajo de revisión, concluyen que el OCPS no genera modificaciones en los valores de la creatinina ni de la mioglobina, por lo tanto, y a falta de nuevos estudios, el OCPS causa un mínimo daño muscular, habiendo sido corroborada esta afirmación recientemente⁴¹.

Respuestas cardiovasculares y hematológicas

Un factor que resulta clave para la seguridad de esta novedosa metodología de entrenamiento es la respuesta aguda que desencadena en el sistema cardiovascular y sobre las condiciones hematológicas.

Con el objetivo de observar las respuestas del sistema de coagulación, recientemente se han analizado los factores de coagulación (protrombina y complejo III trombina-antitrombina) tras una intervención aguda de OCPS consistente en 4 series (1 serie por 30 repeticiones y 3 series por 15 repeticiones) realizadas al 30% de 1RM con una oclusión de 150-160 mm Hg. Este ensayo permitió concluir a los autores que en sujetos sanos, la aplicación del OCPS no activa el sistema de coagulación y, con ello, no existe riesgo de trombos asociados⁴⁰.

Los efectos del OCPS sobre el sistema cardiovascular mientras se camina con una oclusión de 160 mm Hg fue motivo de una reciente investigación que permitió observar un incremento en la tensión arterial, tanto sistólica, como diastólica, además de incrementar el doble producto -índice de demanda de oxígeno sobre el miocardio³³.

Pese al incremento de los valores de la tensión arterial, debe precisarse que dichos incrementos serán inferiores a los obtenidos por la realización del mismo ejercicio con una elevada intensidad⁵⁸ y, por tanto, no se aproximan al rango de peligrosidad expuesto por autores como McDougall et al⁵⁹, quienes registran valores superiores a 250/150 mm Hg.

La OCPS aplicada a las piernas desencadena un estancamiento o *pooling* que reduce el retorno venoso, situación que genera un descenso significativo del rendimiento cardíaco⁶⁰. En un trabajo posterior, se pudo comprobar que la OCPS sin realizar ejercicio estimulaba el sistema nervioso autónomo parasimpático cardíaco.

Por último, resultan destacables los resultados del estudio de Takano et al⁶¹ quienes observan un incremento del factor de crecimiento vascular endotelial tras la intervención con OCPS. Esta respuesta fue atribuida a la reducción de la precarga cardíaca durante el ejercicio, tal y como fue registrada por Takano et al⁶¹. Así pues, puede resultar una alternativa de ejercicio de gran interés para personas con enfermedades cardíacas o con bajo estado de forma física.

Respuestas óseas

Las respuestas óseas al entrenamiento con OCPS no han sido muy estudiadas, pero los resultados preliminares son interesantes.

Así, en un trabajo pionero liderado por Beekley⁶² se comprueba cómo el entrenamiento basado en caminar con OCPS (160 y 230 mm Hg) durante 3 semanas incrementa la fosfatasa alcalina específica del hueso, considerada un reflejo de la actividad osteoblástica y, por tanto, un marcador de formación ósea⁶². En un trabajo posterior, se comprobó que el estímulo provocado por la combinación de ejercicio de fuerza con OCPS genera un evidente efecto sobre el metabolismo óseo disminuyendo la resorción ósea⁶³. Aunque estos resultados previos muestran un efecto sobre el sistema óseo, existe una evidente carencia de estudios al respecto.

Así pues, debe ser advertido que el entrenamiento de baja carga podrá suponer un estímulo muy bajo para generar las adaptaciones sobre ligamentos y tendones.

En el único estudio encontrado que analiza el efecto del OCPS sobre tendones, Kubo et al⁶⁴ sometieron a 9 sujetos a un entrenamiento de 12 semanas a razón de 3 días semanales. El entrenamiento consistía en la realización de extensiones de rodilla en máquina. El ejercicio se realizó unilateralmente, con el fin de aplicar el OCPS sobre una pierna, y un entrenamiento de fuerza tradicional de alta intensidad sobre la otra. El estudio desveló que las propiedades del tendón permanecieron muy similares a los valores iniciales, mientras que se incrementó en la pierna del entrenamiento de alta intensidad. Este fenómeno explicaría los resultados positivos del OCPS para el tratamiento de una tendinitis rotuliana expuesto por Sata³⁶.

Respuestas metabólicas

Las respuestas metabólicas consecuencia del OCPS pueden ser el mecanismo principal de las mejoras morfofuncionales sobre el sistema neuromuscular⁶⁵. Desde el punto de vista molecular, Meyer⁶⁵ apunta que el OCPS puede generar una señalización inicial de eventos moleculares que desencadenarán las adaptaciones morfofuncionales (dicha señalización será vista en un apartado posterior), y que difiere de la teoría mecánica de adaptación muscular.

En este sentido, Burgomaster et al⁶⁶ y Suga et al⁶⁷ corroboran la existencia de una mayor modificación metabólica tras la intervención con OCPS, tal y como fue referenciada previamente en el trabajo de revisión de Sundberg²⁴. Así pues, el citado ensayo de Burgomaster refleja un incremento del glucógeno muscular en reposo y una menor cantidad de adenosín trifosfato (ATP) basal tras la intervención⁶⁶.

Los niveles de lactato producidos por el entrenamiento con OCPS resultan muy elevados, pudiendo resultar casi el doble cuando es comparado con el mismo ejercicio sin la oclusión⁴⁴, pero retornan a los valores basales pasados 60 minutos del entrenamiento. En la tabla 1 se presentan los resultados extraídos del trabajo de Sato et al⁶⁸, donde se registraron los valores de lactato sanguíneo tras una intervención aguda de OCPS.

Respuesta hormonal

Debido a los resultados en el incremento del área de sección transversal del músculo tras los entrenamientos con OCPS, una de las variables más analizada hasta el momento es la respuesta hormonal aguda, principalmente de la GH, el factor de crecimiento de la insulina (IGF-1) y norepinephrina (NA). La gran mayoría de los estudios registran un incremento de hormonas que afectan positivamente al crecimiento del organismo. Ha sido observado un incremento de la GH sanguínea tras OCPS^{23,51,69}.

En la tabla 2 se presenta la evolución de los valores de GH tras la intervención con OCPS llevada a cabo en el estudio de Sato et al⁶⁸.

Los valores de IGF-1 fueron un 24% más elevados tras el entrenamiento con OCPS¹⁹. Por último, también se observaron valores incrementados de NA en los diferentes estudios^{61,70}.

Hasta el momento, el estudio de la testosterona y el cortisol no ha gozado de tanto análisis en el entrenamiento del OCPS, y los escasos estudios muestran que no se modifican las condiciones basales^{42,71}. Sólo se tiene consciencia de un reciente estudio que analizó la respuesta hormonal en condiciones de hipoxia generada por respirar sólo el 13% de oxígeno durante la ejecución de un programa de entrenamiento de fuerza. Esta situación desencadenó un incremento de la testosterona y el

Tabla 1

Evolución de los valores de lactato registrados por (2005)

	Post-intervención	Post-intervención 15 minutos	Post-intervención 60 minutos
Miembros inferiores Sentadilla y ejercicio de femoral tumbado 3 x 15 repeticiones 20% 1RM con 30 segundos de descanso (OCPS 50% mayor a la tensión arterial sistólica)	11 mmol/l	Ligeramente por debajo de 8 mmol/l	Cercano a los valores basales
Miembros superiores Press de tríceps y curl bíceps 3 x 15 repeticiones 20% 1RM con 30 segundos de descanso (OCPS 50% mayor a la tensión arterial sistólica)	10 mmol/l	Ligeramente por debajo de 6 mmol/l	Cercano a los valores basales

Fuente: Sato Y¹⁷.**Tabla 2**

Evolución de los valores de hormona de crecimiento (GH) comunicados en el ensayo de Sato Y

	Post-intervención	Post-intervención 15 minutos	Post-intervención 60 minutos
Miembros inferiores Sentadilla y ejercicio de femoral tumbado 3 x 15 repeticiones 20% 1RM con 30 segundos de descanso (OCPS 50% mayor a la tensión arterial sistólica)	15 ng/ml	25 ng/ml	15 ng/ml
Miembros superiores Press de tríceps y curl bíceps 3 x 15 repeticiones 20% 1RM con 30 segundos de descanso (OCPS 50% mayor a la tensión arterial sistólica)	10 mmol/l	26 ng/ml	10 ng/ml

Fuente: Sato Y¹⁷.

cortisol circulantes; no obstante, cuando los investigadores compararon la respuesta entre el grupo de normoxia y el de hipoxia no existían diferencias en la liberación de estas hormonas⁷².

Estos datos permiten sugerir que el entrenamiento de OCPS permite una hiperrespuesta de hormonas, que favorecen el entorno anabólico y, con ello, la hipertrofia muscular⁷³. Sin embargo, debe advertirse que a excepción del estudio de Abe et al¹⁹, que prolongó su estudio por 2 semanas, los resultados hormonales de los estudios revisados están obtenidos como respuesta aguada a una única exposición de entrenamiento OCPS.

Capacidad aeróbica como respuesta a la oclusión vascular parcial superimpuesta

La utilización del OCPS (manguitos inflados a 140 mm Hg) durante el esfuerzo aeróbico (15 minutos sobre cicloergómetro a 75 W) genera un aumento del consumo de oxígeno post-esfuerzo, y este incremento ha sido atribuido a la necesidad de neutralizar los metabolitos circulantes ocasionados por la isquemia⁷⁴. Los resultados no son concluyentes, puesto que el estudio se realizó en un número reducido de sujetos, y no se han realizado posteriormente estudios similares para poder confirmar estos datos. Por su lado, Abe et al⁴² obtuvieron una media de 19,5% de consumo máximo de oxígeno realizando 5 series de 2 minutos de caminar con OCPS. Parece ser que el OCPS permite incrementar el consumo máximo de oxígeno hasta en un 11,6% en atletas que están sometidos a un entrenamiento sistemático realizado 2 veces al día durante 6 días semanales y prolongado por dos semanas, consistente en la realización de 5 series de 3 minutos a una velocidad de 4-6 km/hora con una pendiente del 5% y un minuto de descanso⁷⁵.

En el entrenamiento con OCPS, ya sea combinado con ejercicio cardiovascular²⁴ con ejercicio de fuerza⁷⁶, existe un incremento de la capilarización y de la capacidad oxidativa que podría generar una mejora del consumo máximo de oxígeno.

Percepción de esfuerzo

Debido a los cambios en la manipulación de las variables del entrenamiento de fuerza obligados por la superposición de la oclusión parcial, muchos investigadores han utilizado la escala de percepción de esfuerzo para controlar la dosis o el estímulo de entrenamiento desencadenado por el OCPS. Así pues, parece ser que la aplicación del OCPS desencadena una percepción de esfuerzo y dolor (puntuación 6, en una escala de 0 a 10, dolor moderado) similar a un entrenamiento de moderada-alta intensidad⁷⁶. En este estudio, Hollander et al⁷⁷ reclutaron a 7 hombres con experiencia para realizar un entrenamiento de moderada-alta intensidad (3 series al fallo muscular con una carga del 70% 1RM) para comparar con un protocolo con OCPS (3 series al fallo muscular con una carga del 30% 1RM). Cuando se compara el protocolo de ejercicio suave moderado con OCPS y sin OCPS, la percepción de esfuerzo y del dolor resultan muy similares⁷⁸. Estos resultados han sido recientemente reproducidos comparando un ejercicio de extensión de rodilla⁷⁹.

Parece ser que el OCPS también desemboca en una mayor percepción de dolor⁷⁹. Este dolor puede abarcar incluso el dolor muscular post-esfuerzo de aparición tardía (DOMS). En esta línea, Umbel et al⁸⁰ describen que los sujetos de su ensayo manifestaban más dolor al cabo de 24, 48 y 96 horas post-esfuerzo superior cuando realizaban el ejercicio con OCPS que cuando era realizado sin la oclusión.

Pese a estos incrementos en la percepción de esfuerzo y la percepción del dolor muscular post-esfuerzo, existen evidencias contrastadas que demuestran que el ejercicio con OCPS no eleva los marcadores de daño muscular. En un estudio donde los sujetos realizaban un entrenamiento aeróbico mediante caminatas con OCPS (17 minutos con una oclusión de aproximadamente 230 mm Hg), los investigadores no hallaron incrementos en la mioglobina ni en la creatinfosfoquinasa (CPK)⁴². Tampoco se registraron valores elevados de los mismos marcadores durante la intervención del OCPS (realizando una progresión en el valor de

Tabla 3

Recomendaciones para el entrenamiento con oclusión vascular parcial superimpuesta. Basada en los datos obtenidos de la presente revisión

Variables	Ejercicio cardiovascular	Ejercicio de fuerza
Nivel de oclusión	De 1,3 veces de la tensión arterial, hasta 250 mm Hg	De 1,3 veces de la tensión arterial, hasta 300 mm Hg
Dosis de ejercicio	Mínimo de 2 semanas, 6 días semanales 5 series de 5-10 minutos de ejercicio aeróbico, caminar, bicicleta	Mínimo de 3 semanas, 4-5 sesiones semanales 1 serie de calentamiento por 30 repeticiones (20-30% 1RM) 3 series de 15-30 repeticiones (20-30% 1RM), llegando al fallo muscular
Descanso de la oclusión	Continuo	Continuo/intermitente (descanso de la OCPS 30 segundos)

OCPS: oclusión vascular parcial superimpuesta.

oclusión hasta los 240 mm Hg) durante los ejercicios de fuerza de sentadilla y de femorales tumbado¹⁹.

En el estudio de Takarada et al⁴⁵ fue detectado un incremento de interleucina-6 (IL-6), fenómeno que atribuyeron a microdaños que podrían provenir tanto del tejido muscular como de las paredes vasculares.

Recomendaciones y consideraciones del entrenamiento con oclusión vascular parcial superimpuesta

Debido a la gran cantidad de variables que afectan al entrenamiento con OCPS, no puede ser concretada en consenso la dosis óptima del entrenamiento para desencadenar las respuestas y adaptaciones específicas, no obstante, se pueden sugerir unos intervalos lógicos basados en la información disponible (tabla 3). Debido a la escasez de datos experimentales, basados en los conocimientos generales, se debería advertir que largas exposiciones de oclusión parcial o exposiciones de oclusión total pueden generar daños irreversibles^{31,81}, especialmente en el sistema cardiovascular⁴⁵.

Las recomendaciones de Takarada et al⁴⁵ aluden a una oclusión de 1,3 veces la tensión arterial sistólica, pudiendo llegar a 300 mm Hg de oclusión en algunos casos.

Como el entrenamiento con OCPS resulta poco confortable, y en ocasiones doloroso, especialmente en sujetos poco entrenados, su aplicación debería estar reservada a sujetos con alta motivación, además de ser reallizado entre los primeros ejercicios de la sesión de entrenamiento.

Por último, resulta necesario citar que muchas investigaciones y aplicaciones clínicas han utilizado el dispositivo específico para realizar la oclusión, conocido como Kaatsu, que puede resultar en muchas ocasiones caro y difícil de conseguir. Como consecuencia, Loenneke y Pujol²¹ han aplicado cintas elásticas, obteniendo los mismos efectos. Intentado reproducir esos hallazgos, en mi laboratorio ha sido reproducido con elementos similares, siempre controlando los cambios de la tensión arterial. Nuestros resultados preliminares, que aún no han sido publicados, muestran efectos similares.

Conclusión

El entrenamiento de OCPS genera un entorno hipóxico intramuscular que incrementa la producción de metabolitos durante el ejercicio y un incremento de la respuesta endocrina. Estos mecanismos aumentan la señalización intracelular que favorece las adaptaciones morfofuncionales a nivel neuromuscular. Se necesitan nuevos estudios para poder entender y aplicar correctamente esta metodología de entrenamiento.

Bibliografía

- Komi PV, editor. Strength and power in sport. 2nd ed. Oxford: Blackwell Science; 2003.
- Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing resistance training programs. Champaign: Human Kinetics; 2004.
- Graves JE, Franklin BA, editors. Resistance training for health and rehabilitation. Champaign: Human Kinetics; 2001.
- Rodríguez PL. Ejercicio físico en salas de acondicionamiento muscular. Bases científico-médicas para una práctica segura y saludable. Madrid: Panamericana; 2008.
- Ratamess NA, Alvar BA, Evetock TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc 2009;41(3):687-708.
- Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND, Meredith CN, Lipsitz LA, Evans WJ. High-intensity strength training in nonagenarians: effects on skeletal muscle. JAMA. 1990;263:3029-34.
- Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. Sports Med. 2004;34(10):663-79.
- Clark BC, Manini TM. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2010;13(3):271-6.
- Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, et al; KAATSU training group. Use and safety of Kaatsu training. Results of a national survey. Int J Kaatsu Training Res. 2006;2:5-13.
- Tapurina N, Kumar Y, Habib MM, Abu Amara M, Seifalian AM, Davidson BR. Remote ischemic preconditioning: a novel protective method from ischemia reperfusion injury a review. J Surg Res. 2008;150(2):304-30.
- Gross GJ, Auchampach JA. Reperfusion injury: does it exist? J Mol Cell Cardiol. 2007;42:12-8.
- Turer AT, Hill JA. Pathogenesis of myocardial ischemia-reperfusion injury and rationale for therapy. Am J Cardiol. 2010;160(3):360-8.
- Macedo FI, Miranda LE. Role of ischemic preconditioning in liver transplant: a review of literature. Exp Clin Transplant. 2010;8(1):1-3.
- Ildefonso JA, Arias-Díaz J. Fisiopatología de la lesión hepática por isquemia-reperusión. Cir Esp. 2010;87(4):202-9.
- Pasupathy S, Homer-Vanniasinkam S. Ischaemic preconditioning protects against ischaemia-reperfusion injury: emerging concepts. Eur J Vas Endovasc Surg. 2005;29:106-15.
- Dorweiler B, Pruefer D, Andrasi TB, Maksin SM, Schmiedt W, Neufang A, et al. Ischemia-reperfusion injury. Pathophysiology and clinical implications. Eur J Trauma Emerg Surg. 2007;6:600-12.
- Sato Y. The history and future of KAATSU Training. Int J Kaatsu Training Res. 2005;1:1-5.
- Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. Eur J Appl Physiol. En prensa 2011.
- Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns CF, Inoue K, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. Int J Kaatsu Training Res. 2005;1:6-12.
- Fujita T, Brechue WF, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. Int J KAATSU Training Res. 2008;4:1-8.
- Loenneke JP, Pujol TJ. The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. Strength Cond J. 2009;31:77-84.
- Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. Int J Sports Med. 2010;31:1-4.
- Tanimoto M, Madarame H, Ishii N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise. Comparison between "Kaatsu" and other types of regimen. Int J Kaatsu Training Res. 2005;1:51-6.
- Sundberg CJ. Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. Acta Physiol Scand Suppl. 1994;615:1-50.

25. Wernbom M, Augustsson J, Raastad T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18:401-6.
26. Carpinelli RN. The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training. *J Exerc Sci Fit*. 2008;6(2):67-86.
27. Tidball JG. Mechanical signal transduction in skeletal muscle growth and adaptation. *J Appl Physiol*. 2005;98:1900-8.
28. Spiering BA, Kraemer WJ, Anderson JM, Armstrong LE, Nindl B, Volek J, et al. Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Med*. 2008;38(7):527-40.
29. Boppart MD, Burkein DJ, Kaufman SJ. Alpha7beta1-integrin regulates mechanotransduction and prevents skeletal muscle injury. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2006;290:C1660-5.
30. Drummond MJ, Fujita S, Takashi A, Dreyer HC, Volpi E, Rasmussen BB. Human muscle gene expression following resistance exercise and blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:691-8.
31. Fujita S, Abe T, Drummond MJ, Cadenas JC, Dreyer HC, Sato Y, et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercises increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *J Appl Physiol*. 2007;103:903-10.
32. Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, Timmerman KL, Fujita S, Abe T, et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol*. 2010;108:1199-209.
33. Renzi CP, Tanaka H, Sugawara J. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:726-32.
34. Yasuda T, Abe T, Sato Y, Midorikawa T, Kearns CF, Inoue K, et al. Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1:65-70.
35. Gualano B, Neves N, Lima FR, Pinto AL, Laurentino G, Borges C, et al. Resistance training with vascular occlusion in inclusion body myositis: a case study. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(2):250-4.
36. Sata S. Kaatsu training for patella tendinitis patient. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1:29-32.
37. Ishii N, Madarame H, Odagiri K, Naganuma M, Shinoda K. Circuit training external load induces hypertrophy in lower-limb muscles when combined with moderate venous occlusion. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1:24-8.
38. Abe T, Beekley MD, Hinata S, Koizumi K, Sato Y. Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: A case study. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1:71-6.
39. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercises combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2002;86:308-14.
40. Madarame H, Kurano M, Takano H, Iida H, Sato Y, Ohshima H, et al. Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2010;30(3):210-4.
41. Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sato Y, Abe T. Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2010;30:338-3.
42. Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscles. *Kaatsu-walk training*. *J Appl Physiol*. 2006;100:1460-6.
43. Abe T, Sakamaki M, Fujita S, Ozaki H, Sugaya M, Sato Y, et al. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *J Geriatr Phys Ther*. 2010;33(1):34-40.
44. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben MG. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(1):147-9.
45. Takarada Y, Yutaka N, Seiji A, Tetuya O, Seiji M, Tajarada Y, et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol*. 2000;88:61-5.
46. Ozaki H, Sakamaki M, Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sugaya M, et al. Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. *J Gerontology: Series A*. 2010;66A(3):257-63.
47. Abe T, Kawamoto K, Yasuda T, Kearns CF, Midorikawa T, Sato Y. Eight days KAATSU-resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. *Int J Kaatsu Res*. 2005;1:19-23.
48. Cook SB, Clark BC, Ploutz-Snyder LL. Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal function. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(10):1708-13.
49. Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara AY, Fernandes AR, Parcell AC, Ricard M, et al. Effects of strength training and vascular occlusion. *Int J Sports Med*. 2008;29:664-7.
50. Abe T, Fujita S, Nakajima T, Sakamaki M, Ozaki H, Ogasawara R, et al. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO2 max in young men. *J Sports Sci Med*. 2010;9:452-8.
51. Kubota A, Sakuraba K, Sawaki K, Sumide T, Tamura Y. Prevention of disuse muscular weakness by restriction of blood flow. *Med Sic Sports Exerc*. 2008;40(3):529-34.
52. Loenneke JP, Pujol TJ. KAATSU: rational for application in astronauts. *Hippokratia*. 2010;14(3):224.
53. Kubota N, Takano H, Tsutsumi T, Kurano M, Iida H, Yasuda T, et al. Resistance exercise combined with KAATSU during simulated weightlessness. *Int J Kaatsu Training Res*. 2008;1:9-15.
54. Yasuda T, Brechue WF, Fujita T, Sato Y, Abe T. Muscle activation during low-intensity muscle contractions with varying levels of external limb compression. *J Sports Science Med*. 2008;7:467-74.
55. Wernbom M, Järrebrink R, Andreasson MA, Augustsson J. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extension at low load. *J Strength Cond Res*. 2009;23(8):2389-95.
56. Yasuda T, Fujita T, Miyagi Y, Kubota Y, Sato Y, Nakajima T, et al. Electromyographic responses of arm and chest muscle during bench press exercise with and without KAATSU. *Int J Kaatsu Training Res*. 2006;2:15-8.
57. Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bemben MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scan J Med Sci Sports*. En prensa 2011.
58. Fashs CA, Rossow LM, Seo D, Loenneke JP, Sherk VD, Kim E, et al. Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *Eur J Appl Physiol*. En prensa 2011.
59. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol*. 1985;58(3):785-90.
60. Iida H, Takano H, Meguro K, Asada K, Onuma T, Morita T, et al. Hemodynamic and autonomic nervous responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1:57-64.
61. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95:65-73.
62. Beekley MD, Sato Y, Abe T. Kaatsu-walk training increases serum bone-specific alkaline phosphatase in young men. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1:77-81.
63. Bemben DA, Palmer JJ, Abe T, Sato Y, Bemben MG. Effects of a single bout of low intensity KAATSU resistance training on markers of bone turnover in young men. *Int J Kaatsu Training Res*. 2007;3:21-6.
64. Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Tsunoda N, Sato Y, Ishii N, et al. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *J Appl Biomech*. 2006;22:112-9.
65. Meyer RA. Does blood flow restriction enhance hypertrophic signaling in skeletal muscle? *J Appl Physiol*. 2006;100:1443-4.
66. Burgomaster KA, Moore DR, Schofield LM, Phillips SM, Sale DG, Gibala MJ. Resistance training with vascular occlusion: Metabolic adaptations in human muscle. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(7):1203-8.
67. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, et al. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol*. 2009;106(4):1119-24.
68. Sato Y, Yoshitomi A, Abe T. Acute growth hormone response to low-intensity KAATSU resistance exercise: comparison between arm and leg. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1:45-50.
69. Madarame H, Sasaki K, Ishii N. Endocrine responses to upper- and lower-limb resistance exercises with blood flow restriction. *Acta Physiol Hung*. 2010;97(2):192-200.
70. Madarame H, Neya M, Ochi E, Nakazato K, Sato Y, Ishii N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(2):258-63.
71. Reeves GV, Kraemer RR, Hollander DB, Clavier J, Thomas C, Francois M, et al. Comparison of hormones responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *J Appl Physiol*. 2006;101:1616-22.
72. Kon M, Ikeda T, Homma T, Akimoto T, Suzuki Y, Kawahara T. Effect of acute hypoxia on metabolic and hormonal responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(7):1279-85.
73. Kraemer WJ, Rogol AD, editors. The endocrine system in sports and exercises. Oxford: Blackwell Publishing; 2006.
74. Loepky JA, Gurney B, Icenogle MV. Effects of acute leg ischemia during cycling on oxygen and carbon dioxide stores. *J Rehabilitation Research Develop*. 2008;45(7):1091-102.
75. Park S, Kim JK, Choi HM, Kim HG, Beekley MD, Nho H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *Eur J Appl Physiol*. En prensa 2010.
76. Evans C, Vance S, Brown M. Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles. *J Sports Sci*. 2010;28(9):999-1007.
77. Hollander DB, Reeves GV, Clavier JD, Francois MR, Thomas C, Kraemer RR. Partial occlusion during resistance exercise alter effort sense and pain. *J Strength Cond Res*. 2010;24(1):235-43.
78. Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R. Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different sub-maximal loads. *J Strength Cond Res*. 2006;20(2):372-7.
79. Umbel J, Hoffman RL, Dearth DJ, Chleboun GS, Manini TM, Clarck BC. Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2009;107(6):687-9.
80. Loenneke JP, Balapur A, Thrower AD, Barnes JT, Pujol TJ. The perceptual responses to occluded exercise. *Int J Sports Med*. 2011;32:181-4.
81. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exerc Sports Sci Rev*. 2009;37:78-85.

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

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Almería

Isla de Fuerteventura
04071, Almería
Teléfono: 950.17.52.30
Fax: 950.17.52.35
camd.almeria.ctcd@
juntadeandalucia.es

Cádiz

Complejo Deportivo Bahía Sur.
Paseo Virgen del Carmen s/n
11100, San Fernando (Cádiz)
Teléfono: 956.20.3130
Fax: 956.59.03.35
camd.cadiz.ctcd@
juntadeandalucia.es

Córdoba

Pabellón Vistalegre.
Plaza Vista Alegre, s/n
14003, Córdoba
Teléfono: 957.35.51.85
Fax: 957.35.51.88
camd.cordoba.ctcd@
juntadeandalucia.es

Granada

Hospital san Juan de Dios.
San Juan de Dios, s/n
18071, Granada
Teléfono y Fax: 958.02.68.02
camd.granada.ctcd@
juntadeandalucia.es

Huelva

Ciudad Deportiva de Huelva.
Avda. Manuel Siurot, s/n
21071, Huelva.
Teléfono: 959.01.59.12
Fax: 959.01.59.15
camd.huelva.ctcd@
juntadeandalucia.es

Jaén

C/ Menéndez Pelayo Nº 2
23003, JAÉN
Teléfono: 953 313 912
Fax: 953 313 913
camd.jaen.ctcd@
juntadeandalucia.es

Málaga

Inst. Deportivas de Carranque
Santa Rosa de Lima, 7
29071, Málaga
Teléfono: 951.03.57.30
Fax: 951.03.57.32
camd.malaga.ctcd@
juntadeandalucia.es

Sevilla

Isla de la Cartuja, s/n
Glorieta Beatriz Manchón, s/n
41092, Sevilla.
Teléfono: 955.06.20.25
camd.ctcd@
juntadeandalucia.es



JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE TURISMO, COMERCIO Y DEPORTE
Centro Andaluz de Medicina del Deporte

www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/camd



JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE TURISMO, COMERCIO Y DEPORTE

CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

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

Teléfono
955 062 025

Fax
955 062 034

Correo electrónico
camd.ctcd@juntadeandalucia.es