

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 2 Número. 3

Septiembre 2009



RAMA

## Originales

Relationships between adipokine levels and anthropometric and metabolic variables in overweight and obese women

Análisis comparativo del desempeño de futbolistas entre dos pruebas de potencia aeróbica: tapiz rodante y Yo-Yo intermitente resistencia nivel 2

Recuperación de la frecuencia cardíaca y ventilación, y su relación con la lactacidemia, tras una prueba de esfuerzo en jóvenes deportistas

Valoración nutricional y estudio alimentario de jóvenes practicantes de *fitness*

## Revisión

Personalidad resistente en deportes

## Estudio de caso

Análisis biomecánico de la articulación de la muñeca en el paleo en kayak: modelo dinámico

## Nuestro punto de vista

Límites o limitaciones en el rendimiento deportivo

ISSN: 1888-7546

MEDICINA INTERNA Y CARDIOLOGÍA, FISIOLÓGIA, 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  
14071, 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 N° 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](http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/camd)

# 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

Juan Carlos Rubio Liñán

## Comité Editorial

Bernardo Hernán Viana Montaner  
Carlos de Teresa Galván  
Carlos Melero Romero  
Francisco Gallardo Rodríguez

Juan de Dios Beas  
José Naranjo Orellana  
José Ramón Gómez Puerto  
Leocricia Jiménez López

Marzo Edir Da Silva Grigoletto  
Ramón Antonio Centeno Prada  
Ruth Pesquera Guerrero

## 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)  
Carlos Ruiz Cosano  
(Universidad de Granada, España)  
Carlos Ugrinowitsch  
(Universidade de São Paulo, Brasil)  
Clodoaldo Antonio de Sá  
(Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Brasil)  
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)

Italo Monetti  
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)  
José Ramón Alvero Cruz  
(Universidad de Málaga, España)  
Juan Manuel García Manso  
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España)  
Juan Ribas Serna  
(Universidad de Sevilla, España)  
Madalena Costa  
(Harvard Medical School, Boston, USA)  
Miguel del Valle Soto  
(Universidad de Oviedo, España)  
Mikel Izquierdo  
(Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte  
del Gobierno de Navarra, España)  
Nicolás Terrados Cepeda  
(Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias)  
Nick Stergiou  
(University of Nebraska, USA)  
Xavier Aguado Jódar  
(Universidad de Castilla-La Mancha, España)



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

Publicación trimestral (4 números al año).

Infanta Mercedes, 90  
Tel.: 914 021 212  
28020 Madrid

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

Disponible en internet: [www.elsevier.es/RAMD](http://www.elsevier.es/RAMD)

**Protección de datos:** Elsevier España, S.L., 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](mailto:ramd.ctcd@juntadeandalucia.es)

Impreso en España

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

© Copyright 2009 Centro Andaluz de Medicina del Deporte  
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](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.



# SAMEDE

## Sociedad Andaluza de Medicina del Deporte

La sociedad científica de los profesionales de la  
Medicina de la Educación Física y el Deporte

**Hazte Socio,  
por una módica  
aportación te ofrecemos:**

▶ Información constante y actualizada sobre actividades científicas y de formación en todas las áreas de la medicina de la educación física y el deporte.

▶ Grupos de trabajo de Deporte-Salud, Rendimiento Deportivo, Valoración Funcional, Nutrición Educación Física, Fisioterapia, Enfermería.

▶ Correo Institucional (tu\_nombre@samede.org).

▶ Página Web (En construcción) con múltiples contenidos de gran interés para los profesionales para compartir información actualizada, formación continua y conocimientos (Red de información).

▶ Becas de asistencia a eventos científicos de relevancia.

▶ Asesoramiento técnico para investigación.

▶ Cuota de miembro gratuita para estudiantes de la especialidad de Medicina de la Educación Física y el Deporte.

**Para más información  
e inscripciones:**

**Dr. Juan de Dios Beas Jiménez  
Centro Andaluz de Medicina del Deporte**

**Glorieta Beatriz Manchón s/n (CAR de la Cartuja) 41092 Sevilla  
vicepresidencia@samede.org Tlf: 955062046 ó 669702458**

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 2 Número 3

Septiembre 2009

Sumario

## Originales

- 77 Relationships between adipokine levels and anthropometric and metabolic variables in overweight and obese women  
*C.A. Ronconi Vasques, T.A. Pollo, S. Rossetto, M.S. Poblador-Fernández and J.L. Lancho-Alonso*
- 82 Análisis comparativo del desempeño de futbolistas entre dos pruebas de potencia aeróbica: tapiz rodante y Yo-Yo intermitente resistencia nivel 2 (artículo en portugués)  
*A.M. Fornaziero, R.D. Leite, P.H.S.M. de Azevedo, A.C. Dourado, L.B. Daros, R. Osiecki y L.C.R. Stanganelli*
- 87 Recuperación de la frecuencia cardiaca y ventilación, y su relación con la lactacidemia, tras una prueba de esfuerzo en jóvenes deportistas  
*F.J. Calderón, P.J. Benito, J. Butragueño, V. Díaz, A.B. Peinado, M. Álvarez, A.G. Zapico y M.J. Castillo*
- 93 Valoración nutricional y estudio alimentario de jóvenes practicantes de *fitness*  
*A.P. Granados y V.C. Del Castillo*

## Revisión

- 98 Personalidad resistente en deportes  
*J.C. Jaenes Sánchez*

## Estudio de caso

- 102 Análisis biomecánico de la articulación de la muñeca en el paleo en kayak: modelo dinámico  
*C. López López y J. Ribas Serna*

## Nuestro punto de vista

- 108 Límites o limitaciones en el rendimiento deportivo

VIERNES 11 DICIEMBRE

- 11:00** Inscripción y Recogida de documentación.  
Reunión del Grupo de trabajo "Estatutos de FEMEDE".
- 16:00** Inauguración por el Secretario General para el Deporte, D. Manuel Jiménez Barrios.
- 16:30** Conferencia Inaugural: "LA MEDICINA DEL DEPORTE: UNA NUEVA ÁREA EN LA SALUD PÚBLICA" (D. Juan Antonio Corbalán Alfocea)
- 17:30** Café
- 18:00** PRIMERA MESA REDONDA: "LA MEDICINA DEL DEPORTE Y LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA".  
Moderadora : D<sup>a</sup> Ángeles Prada Pérez.  
Plan de promoción de la actividad física y la alimentación equilibrada (PAFAE)  
(D. Jesús Muñoz Bellerín)  
Plan Estratégico General del Deporte Andaluz (PEGEDA) (D. Ignacio Rodríguez Marín)  
Promoción de la Actividad Física desde la Junta de Andalucía : Estrategias conjuntas.  
(D<sup>a</sup>. Cristina Torró García-Morato)
- 19:30** Reunión Grupo de Nutrición de FEMEDE  
Asamblea Ordinaria y Presentación de la página WEB de SAMEDE.



**LA MEDICINA DEL DEPORTE Y LA SALUD EN EL SIGLO XXI: PERSPECTIVAS DE FUTURO**

# JORNADAS DE MEDICINA DEL DEPORTES SAMEDE 2009

**CENTRO ESPECIALIZADO DE ALTO RENDIMIENTO LA CARTUJA - SEVILLA**

- INSCRIPCIONES.**
- General .....60€
  - Miembros de Femeede o Samede .....40€
  - Estudiantes .....30€
- (hay que documentar esta condición.)

La inscripción incluye documentación y cafés.

Se realizará mediante ingreso o transferencia a la cuenta nº 2031-0260-17-0115337407 de Caja Granada, Oficina de San Juan de Dios, enviando una copia al e-mail [vicepresidencia@samede.org](mailto:vicepresidencia@samede.org)

SÁBADO 12 DICIEMBRE

- SEGUNDA MESA REDONDA: "LA FORMACIÓN EN MEDICINA DEL DEPORTE".**  
Moderador: D. Miguel del Valle Soto  
Perspectivas para la Especialidad en Medicina del Deporte (D. Pedro Manonelles Marqueta)  
Futuro de la Especialidad desde un punto de vista de la Administración Pública Andaluza (D. José Luis Rocha Castilla)  
Futuro de la Especialidad en las Escuelas Profesionales de Medicina del Deporte (D. José Ramón Alvero Cruz y D. Manuel Rosety Plaza)  
Comunicaciones. **9:00**
- Café **11:00**
- TERCERA MESA REDONDA: "LA INVESTIGACIÓN EN MEDICINA DEL DEPORTE".**  
Moderador: D. Francisco Berral de la Rosa  
La Investigación en Medicina del Deporte en el Consejo Superior del Deporte (D. José Luis Terreros Blanco) **11:30**
- "Hábitos saludables en el Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación:" (D<sup>a</sup>. Pilar Aranda Ramírez)  
La investigación en el CAMD. Presente y Futuro (D. José Naranjo Orellana)
- CONFERENCIA DE CLAUSURA. "FRONTERAS EN MEDICINA DEL DEPORTE" (D. Juan Ribas Serna) 13:30**
- Asamblea General de FEMEDE. **17:00**

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 2 Number 3

September 2009

Contents

## Original Articles

- 77 Relationships between adipokine levels and anthropometric and metabolic variables in overweight and obese women  
*C.A. Ronconi Vasques, T.A. Pollo, S. Rossetto, M.S. Poblador-Fernández and J.L. Lancho-Alonso*
- 82 Comparative analysis of the performance of soccer players between two aerobic power tests: treadmill and Yo-Yo intermittent endurance test level 2  
*A.M. Fornaziero, R.D. Leite, P.H.S.M. de Azevedo, A.C. Dourado, L.B. Daros, R. Osiecki and L.C.R. Stanganelli*
- 87 Heart rate and ventilatory recovery and their relationship with the lactate concentration after an incremental test in young sportsmen  
*F.J. Calderón, P.J. Benito, J. Butragueño, V. Díaz, A.B. Peinado, M. Álvarez, A.G. Zapico and M.J. Castillo*
- 93 Nutritional evaluation and nutrient study of young men who practice fitness activities  
*A.P. Granados and V.C. Del Castillo*

## Review Article

- 98 Hardy personality in sports  
*J.C. Jaenes Sánchez*

## Case Study

- 102 A biomechanical analysis of the wrist joint in kayak paddling: a dynamic model  
*C. López López and J. Ribas Serna*

## Our Point of View

- 108 Limits or limitations in sports performance

**11:00** Inscripción y Recogida de documentación.  
Reunión del Grupo de trabajo "Estatutos de FEMEDE".

**16:00** Inauguración por el Secretario General para el Deporte, D. Manuel Jiménez Barrios.

**16:30** Conferencia Inaugural: "LA MEDICINA DEL DEPORTE: UNA NUEVA ÁREA EN LA SALUD PÚBLICA" (D. Juan Antonio Corbalán Alfocea)

**17:30** Café

**PRIMERA MESA REDONDA: "LA MEDICINA DEL DEPORTE Y LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA".**

*Moderadora : D<sup>a</sup> Ángeles Prada Pérez.*

Plan de promoción de la actividad física y la alimentación equilibrada (PAFAE)

*(D. Jesús Muñoz Bellerín)*

Plan Estratégico General del Deporte Andaluz

(PEGEDA) *(D. Ignacio Rodríguez Marín)*

Promoción de la Actividad Física desde la Junta de Andalucía : Estrategias conjuntas.

*(D<sup>a</sup>. Cristina Torró García-Morato)*

**19:30** Reunión Grupo de Nutrición de FEMEDE  
Asamblea Ordinaria y Presentación de la página WEB de SAMEDE.

VIERNES 11 DICIEMBRE



**LA MEDICINA DEL DEPORTE Y LA SALUD EN EL SIGLO XXI: PERSPECTIVAS DE FUTURO**

# JORNADAS DE MEDICINA DEL DEPORTE SAMEDE 2009

**CENTRO ESPECIALIZADO DE ALTO RENDIMIENTO LA CARTUJA - SEVILLA**

**INSCRIPCIONES.**

General .....60€

Miembros de Femeede o Samede .....40€

Estudiantes .....30€

(hay que documentar esta condición.)

La inscripción incluye documentación y cafés.

Se realizará mediante ingreso o transferencia a la cuenta nº 2031-0260-17-0115337407

de Caja Granada, Oficina de San Juan de Dios, enviando una copia al e-mail [vicepresidencia@samede.org](mailto:vicepresidencia@samede.org)

SÁBADO 12 DICIEMBRE

**SEGUNDA MESA REDONDA: "LA FORMACIÓN EN MEDICINA DEL DEPORTE".**

*Moderador: D. Miguel del Valle Soto*

Perspectivas para la Especialidad en Medicina del Deporte *(D. Pedro Manonelles Marqueta)*

Futuro de la Especialidad desde un punto de vista de la Administración Pública Andaluza

*(D. José Luis Rocha Castilla)*

Futuro de la Especialidad en las Escuelas Profesionales de Medicina del Deporte *(D. José Ramón Alvero Cruz y D. Manuel Rosety Plaza)*

**Comunicaciones.**

**9:00**

Café **11:00**

**TERCERA MESA REDONDA: "LA INVESTIGACIÓN EN MEDICINA DEL DEPORTE".**

*Moderador: D. Francisco Berral de la Rosa*

La Investigación en Medicina del Deporte en el Consejo Superior del Deporte *(D. José Luis Terreros Blanco)*

"Hábitos saludables en el Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación:"

*(D<sup>a</sup>. Pilar Aranda Ramírez)*

La investigación en el CAMD. Presente y Futuro

*(D. José Naranjo Orellana)*

**11:30**

**CONFERENCIA DE CLAUSURA. "FRONTERAS EN MEDICINA DEL DEPORTE" (D. Juan Ribas Serna)**

**13:30**

Asamblea General de FEMEDE.

**17:00**



ORGANIZAN

PATROCINA



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

## Relationships between adipokine levels and anthropometric and metabolic variables in overweight and obese women

C.A. Ronconi Vasques<sup>a</sup>, T.A. Pollo<sup>a</sup>, S. Rossetto<sup>a</sup>, M.S. Poblador-Fernández<sup>b</sup> and J.L. Lancho-Alonso<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Grupo de Pesquisa em Saúde Humana e Ambiente. Pro-Reitoria de Pesquisa e Tecnologia. Centro Universitário Feevale - Campus II. Novo Hamburgo - RS, Brazil.

<sup>b</sup>Departamento de Ciencias Morfológicas. Facultad de Medicina. Universidad de Córdoba. Córdoba. Spain.

### History of the article:

Received April 30, 2009

Accepted May 25, 2009

### Key words:

Adiponectin.

Insulin.

Leptin.

Obesity.

Resting metabolic rate.

### ABSTRACT

**Objective.** To analyze the capacity of anthropometric variables to predict the adipokine levels and their relationship with metabolic parameters in overweight and obese women.

**Methods.** Leptin and adiponectin levels were measured in 51 adult overweight or obese women. Data were then correlated with body mass index (BMI), percentage fat mass (%FM), waist circumference (WC), resting metabolic rate (RMR), insulinemia, glycemia and lipid profile.

**Results.** From a simple linear regression model, the mean contribution of BMI, %FM and WC to changes in leptin levels was 36.5%, 33.4% and 23.7%, respectively. No correlation was observed with adiponectin levels, but was noted between leptinemia and both insulin ( $p < 0.001$ ) and triglyceride levels ( $p = 0.009$ ). Despite the negative correlation found between RMR and BMI or %FM ( $p < 0.05$ ), levels of both adipokines showed no correlation with RMR, even when these endocrine variables were adjusted to the assessed anthropometric parameters.

**Conclusion.** BMI and %FM are factors for predicting leptin levels, but not for adiponectinemia in this study population. The negative correlation between BMI or %FM and RMR appears to be independent of adipokine levels.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### Palabras clave:

Adiponectina.

Insulina.

Leptina.

Obesidad.

Consumo energético en reposo.

### RESUMEN

#### Relación entre los niveles de adipocinas y las variables antropométricas y metabólicas en mujeres con exceso de peso corporal

**Objetivo.** Analizar la capacidad que las variables antropométricas puedan tener de predecir los niveles de adipocinas y su relación con parámetros metabólicos en mujeres con sobrepeso y obesas.

**Métodos.** Se evaluaron los niveles de leptina y adiponectina en 51 mujeres adultas obesas o con sobrepeso. Los datos se correlacionaron con el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de la cintura (CC), el porcentaje de grasa corporal (%GC), consumo energético en reposo (CER), insulinemia, glucemia y perfil lipídico.

**Resultados.** Por medio de una regresión lineal simple, la contribución media de IMC, %GC y CC a los cambios en los niveles de leptina fue del 36,5%; 33,4% y 23,7%, respectivamente. No se observó correlación alguna con los niveles de adiponectina, pero sí entre la leptinemia y los niveles de insulina ( $p < 0,001$ ) y triglicéridos ( $p = 0,009$ ). A pesar de la correlación negativa hallada entre CER e IMC o %GC ( $p < 0,05$ ), los niveles de ambas adipocinas no mostraron correlación con CER, incluso cuando estas variables endocrinas fueron ajustadas a los parámetros antropométricos evaluados.

**Conclusión.** IMC y %GC son factores de predicción para los niveles de leptina, pero no de adiponectina en la población estudiada. La correlación negativa entre IMC o %GC y CER parece ocurrir de forma independiente de los niveles de adipocinas.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### Correspondence:

C.A. Ronconi Vasques.

Instituto de Ciências da Saúde.

Centro Universitário Feevale-Campus II.

RS-239, 2755, 93352-000.

Novo Hamburgo - RS, Brazil.

E-mail: carlosrv@feevale.br

## Introduction

Obesity may be defined as the build-up of body fat resulting from a long-term energy imbalance caused by excessive caloric intake and/or lack of physical activity. This imbalance may be prompted by environmental factors, but also by an impairment of the physiological mechanisms regulating the kinetics of energy and nutrient intake.

Research suggests that certain endocrine secretions produced by adipose tissue may contribute to the regulation of energy balance<sup>1</sup>; these secretions also appear to play a role in the physiological mechanisms involved in the genesis of metabolic comorbidities associated with obesity, such as dyslipidemia, hyperglycemia and insulin resistance. Adipose tissue, in addition to its major function as an energy reserve, also acts as an endocrine organ, secreting a number of hormones known as adipokines, including leptin and adiponectin<sup>2</sup>. Leptin acts at hypothalamic level to regulate satiety and thermogenesis<sup>3,4</sup>, whilst adiponectin is thought to induce peripheral insulin sensitivity and, possibly, to increase atherogenic protection<sup>5,6</sup>.

Leptin and adiponectin levels are significantly higher in women than in men<sup>5,7,8</sup>. This sexual dimorphism would appear to be related not to differences in body fat distribution but rather to differences in sex-hormone levels<sup>9,10</sup>. Regardless of gender, a positive correlation has been reported between circulating leptin levels and percentage body fat<sup>8</sup>, whilst adiponectin levels are negatively correlated with both subcutaneous and intra-abdominal fat<sup>5</sup>.

Serum leptin levels are almost always higher in obese than in non-obese humans, suggesting the existence of a leptin-resistance mechanism possibly involving impaired transport of peripheral leptin into cerebrospinal fluid or desensitization of the signal transduction mechanisms associated with the central nervous system response<sup>11-14</sup>. Thus, the effects of leptin resistance – perhaps taking the form of increased food intake and decreased thermogenetic activity – may enhance susceptibility to the build-up of body fat, and, consequently, to obesity.

A correlation has been reported between changes in adipokine levels and changes in resting metabolic rate (RMR), a calorimetric variable associated with basal energy expenditure; however, findings in this respect remain controversial<sup>2</sup>. A link between RMR and obesity-linked metabolic comorbidities such as hyperglycemia has also been noted in subjects with type 2 diabetes mellitus<sup>15</sup>.

The development of comorbidities has been linked to a number of adipokines including resistin, another adipocyte endocrine factor; a positive correlation has been reported between resistin levels and both glycemia and insulinemia<sup>16</sup>. Adiponectin also appears to be associated with metabolic disorders characteristic of type 2 diabetes and the metabolic syndrome, a negative correlation being observed between adiponectin levels and both insulinemia and hyperglycemia<sup>5,6</sup>. Decreased serum adiponectin levels have been reported in subjects with metabolic syndrome, suggesting that adiponectin may be used as a biomarker of this disease<sup>17,18</sup>.

The evidence, in short, strongly suggests that endocrine factors produced in adipose tissue play a role in the physiological mechanisms involved in the development of metabolic comorbidities associated with the excess build-up of body fat. Therefore, identification of the anthropometric parameters which best help to predict these endocrine changes – taking into account the specific phenotypic features of local populations – may facilitate clinical evaluation of the metabolic alterations associated with obesity. The purpose of this study was to analyze the capacity of a number of anthropometric variables, widely used in esti-

imating the degree of adiposity, to predict changes in serum leptin and adiponectin levels and to ascertain the degree of correlation between adipokine levels and resting metabolic rate, insulinemia, glycemia and lipid profile in overweight and obese women.

## Methods

### Subjects

A total of fifty-one overweight or obese women (BMI  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup>) aged 25 - 60 (mean  $41.8 \pm 10.7$ ), residing in the city of Novo Hamburgo - RS, Brazil, were included in the study. All subjects met the following inclusion criteria: stable eating habits; not following a low-calorie diet; stable weight (variation of less than 4 kg) over the last three months; stable level of physical activity over the last six months; no use of drugs which might significantly affect weight, appetite, lipid profile or blood glucose levels, over the eight weeks prior to the start of the study; good general state of health. Subjects with the following pathologies, history or current clinical status were excluded: pregnancy or lactation, stopped smoking during the last six months, gastropasty or any other gastrointestinal weight-reducing surgery, insulin-dependent diabetes, drug-controlled type 2 diabetes and history of endocrine disorders (particularly hypothyroidism).

### Study design

This transversal study of a group of overweight or obese women (mean BMI  $34.9 \pm 6.0$  kg/m<sup>2</sup>) evaluated correlations between serum adipokine (leptin and adiponectin) levels, metabolic variables (insulinemia, glycemia, lipid profile and RMR) and anthropometric data generally used to estimate degree of obesity, i.e. body mass index (BMI), percentage fat mass (%FM) and abdominal fat mass as measured by waist circumference (WC). The predictive capacity of correlated variables was analyzed using a simple linear regression model. In order to better assess the influence of degree of obesity on the other variables, subjects were divided into 4 groups (overweight, obesity 1, obesity 2 and obesity 3), on the basis of BMI<sup>19</sup>. To verify the suitability of BMI for estimating the degree of obesity, the correlation between BMI, % fat mass and waist circumference was analyzed. Volunteers were selected and analyses performed during 2008. Analyses for each subject took no longer than one week. The study protocol was approved by the Research Ethics Committee at the *Centro Universitario Feevale* (Novo Hamburgo, RS, Brazil). Informed consent to participation and confidential use of data was given by all subjects.

### Anthropometric measurements

In accordance with the protocol developed by the International Society for Advancement in Kinanthropometry, body mass index, height and waist circumference (WC) were measured. Subjects were weighed on a Filizola® balance (accurate to 100 g), height was measured using a Sanyol® stadiometer (accurate to 0.1 cm) and circumference was measured with a Fanny® tape measure (accurate to 0.1 cm). Weight and height data were used to calculate the BMI. Two-compartment body composition, %FM and free fat mass (FFM) were measured by tetrapolar bioelectrical impedance analysis in 12-hour-fasted subjects on a restricted physical-activity schedule, using a Bodystat/1500® analyzer, operating

at 50 KHz. On the basis of bioelectrical impedance data, FFM was assessed using the equation developed by Deurenberg et al<sup>20</sup>:  $FFM (kg) = 0.340 (h^2/R) + 0.1534 (h) + 0.273 (BM) - 0.127 (age) + 4.56 (sex) - 12.44$ , where: h = height (cm), R = resistance (Ohms), BM = body mass (kg) and female = 0.

### Laboratory tests

Peripheral venous blood samples were obtained from 12-hour-fasted subjects who had not engaged in physical activity or consumed alcohol in the 24 hours prior to sampling. Samples were centrifuged for serum separation (10 minutes at 3500 rpm) and routinely processed: Trinder colorimetric enzyme-based assays were performed using Labtest® laboratory kits (Labtest Diagnóstica SA.) to measure serum glucose, triglyceride (TG), total cholesterol (TC), and HDL-cholesterol levels; the latter was measured prior precipitation of other lipoprotein fractions. LDL-cholesterol was estimated using Friedwald's equation<sup>21</sup>:  $LDL = TC - (HDL + TRI/5)$ , for  $TG < 400$  mg/dL (LDL could not be estimated in one subject because [TG] exceeded that limit).

Adipokine levels were measured by enzyme-linked immuno-sorbent assay, using human leptin and adiponectin Elisa kits® (Linco Research). Outlier results, i.e. results beyond the test linearity range (leptin 0.5-100 ng/mL; adiponectin 0.78-50 µg/mL), were excluded (3 for leptin, 7 for adiponectin). Insulin levels were measured by chemiluminescent immunoassay (Access Ultrasensitive Insulin Assay Kit®, Beckman Coulter Inc.); the same method was used to measure TSH levels in order to check for hypothyroidism during the subject selection phase.

### Resting metabolic rate

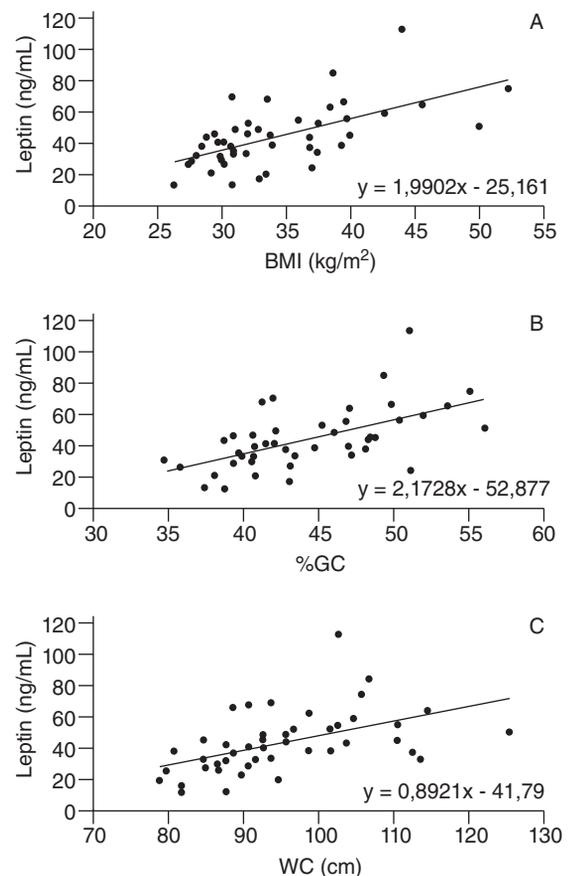
Resting metabolic rate (RMR) was assessed by indirect calorimetry, using a TEEM 100® (Inbrasport) calorimeter: 12-hour-fasted subjects on a restricted exercise schedule laid comfortably on their backs in a silent room at a mean temperature of  $24 \pm 1$  °C, and  $VO_2$  and  $VCO_2$  were recorded over a 15-minute period; data obtained over the last 10 minutes were used to calculate RMR. RMR estimation was based on the Weir equation<sup>22</sup>:  $RMR (kcal/min) = [3.9 (VO_2) + 1.1 (VCO_2)]$ . The value obtained was multiplied by 1440 in order to estimate RMR for 24 hours. RMR was calculated and presented from the relationship with body mass (kcal/kg/24 h).

### Statistical analysis

Results are shown as means  $\pm$  standard deviation. The Kolmogorov-Smirnov test was applied to test for a normal distribution of variables. Differences between means were analyzed using one-way ANOVA; values of  $p < 0.05$  were considered statistically significant. Scheffé's *post-hoc* test of ANOVA was also applied. Correlations between variables were measured using Pearson's correlation coefficient. The predictive capacity of correlated variables was analyzed by simple linear regression. All analyses were performed using SPSS 16.0. statistical analysis software.

### Results

Body mass index displayed sufficient correlation with both %FM ( $r = 0.908$ ) and WC ( $r = 0.823$ ) to justify its use as a measure of degree of



**Fig. 1.** Scatter diagrams plotting leptin levels against body mass index (BMI) (A), percentage fat mass (%FM) (B) and waist circumference (WC) (C).

obesity. Neither mean glycemia values nor mean lipid-profile variables varied significantly as a function of degree of obesity (table 1). Of the anthropometric variables analyzed, only WC displayed a significant correlation with glycemia ( $r = 0.483$ ;  $p = 0.001$ ).

Differences between mean leptin and insulin levels as a function of degree of obesity are shown in table 1 ( $p < 0.01$ ). Serum levels of both hormones were correlated with all studied anthropometric variables ( $p < 0.001$ ). Additionally, a significant correlation was observed between leptin and insulin levels ( $r = 0.574$ ;  $p < 0.001$ ).

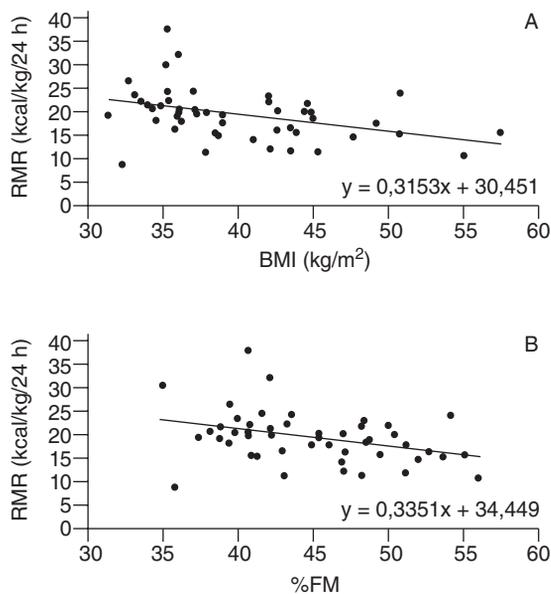
Scatter diagrams for leptin levels plotted against the three anthropometric variables studied are shown in figure 1. Using simple linear regression analysis, it was estimated that for each unit of BMI, %GC and WC, leptin levels varied by a mean 2.0 ng/ml ( $\beta = 1.990$ ,  $r^2 = 0.365$ ,  $F = 24.744$ ,  $p < 0.001$ ), 2.2 ng/ml ( $\beta = 2.173$ ,  $r^2 = 0.334$ ,  $F = 21.584$ ,  $p < 0.001$ ) and 0.9 ng/ml ( $\beta = 0.892$ ,  $r^2 = 0.237$ ,  $F = 13.334$ ,  $p = 0.001$ ), respectively. When considering each variable separately, the mean contribution of BMI, %FM and WC to changes in leptin levels was 36.5, 33.4 and 23.7%, respectively.

A correlation was also observed between leptinemia and triglyceride levels ( $r = 0.375$ ;  $p = 0.009$ ), whilst adiponectin levels displayed no correlation with any of the anthropometric or metabolic variables analyzed. Moreover, there was no correlation between serum adipokine levels and RMR, even when these endocrine variables were adjusted to BMI and/or %FM. However, a negative correlation was found between RMR and both %FM ( $r = -0.328$ ,  $p = 0.023$ ) and BMI ( $r = -0.348$ ,  $p = 0.015$ ), as shown in figure 2.

**Table 1**  
Mean serum levels of analysed variables, grouped by degree of obesity

	Degree of obesity				
	Overweight (n = 9)	Obesity 1 (n = 20)	Obesity 2 (n = 13)	Obesity 3 (n = 9)	Total (n = 51) <sup>#</sup>
TC (mg/dL)	179.2 ± 36.4	182.6 ± 27.4	186.9 ± 32.2	170.5 ± 40	182.2 ± 31.5
TG (mg/dL)	107.89 ± 40.7	119.1 ± 45.4	144.3 ± 45.4	134 ± 60.3	133.7 ± 72.5
HDL (mg/dL)	48.2 ± 8.7	43 ± 13.7	44.4 ± 13.5	46.4 ± 8.6	43.9 ± 12.2
LDL (mg/dL)	109.4 ± 28.4	115.6 ± 21.6	113.5 ± 30	97.4 ± 31.2	112 ± 26.7
Glucose (mg/dL)	90.7 ± 8	84.9 ± 8.3	97.5 ± 20.9	113 ± 73.6	93.4 ± 31.5
Insulin (μU/mL)	7.4 ± 2.5	9.3 ± 4.9	13.8 ± 6.3	18.2 ± 9*	12 ± 8.2
Leptin (ng/mL)	31.6 ± 11.2	38 ± 15.2	49.8 ± 17.3	67.2 ± 24.5*	43.2 ± 19.6
Adiponectin (μg/mL)	11.9 ± 9.6	15 ± 12.6	12.5 ± 7.9	17.5 ± 12.3	13.8 ± 11

\*p<0.01 for overweight versus obesity 2 and 3, ANOVA, Scheffé *post-hoc*. <sup>#</sup>Except for LDL, leptin and adiponectin, where n = 50, 48 and 44, respectively.  
HDL: high density lipoproteins; LDL: low density lipoproteins; TC: total cholesterol; TG: triglyceride.



**Fig. 2.** Scatter diagrams plotting resting metabolic rate (RMR) against body mass index (BMI) (A), and percentage fat mass (%FM) (B).

## Discussion

This study demonstrated a significant correlation between leptinemia and the three anthropometric variables studied (BMI, %GC, WC). No correlation was noted between these variables and adiponectin levels, although other studies report a negative correlation between adiponectinemia and degree of obesity<sup>6,17</sup>. Moreover, no correlation was observed between serum adiponectin levels and either the lipid profile or blood glucose levels. Although a number of authors have suggested adiponectin as a possible biomarker of metabolic syndrome<sup>17,18</sup>, in the present study group no correlations were found between adiponectin levels and the variables most widely used to characterize metabolic syndrome: WC, TG, HDL-cholesterol and glycemia.

The positive correlation between leptin levels and degree of obesity, suggesting a leptin resistance mechanism, has already been reported in the literature<sup>2</sup>. The contribution of BMI to changes in leptinemia was similar to that of %FM (around 35% in each case), whereas WC – generally considered a better predictor than BMI for visceral fat and metabolic alterations<sup>23</sup> – had less influence on leptin levels (23.7%). Moreover, though apparently good predictors for leptinemia, neither BMI nor %FM

were correlated with changes in lipid profile or blood sugar levels. This may be because leptin is more intensely expressed by subcutaneous than by visceral adipose tissue<sup>24</sup>; BMI and %FM (estimated by bioelectrical impedance) reportedly display a more significant correlation with subcutaneous fat<sup>25,26</sup>.

Leptin acts as a thermogenic factor, stimulating hypothalamic centers associated with the regulation of basal energy expenditure<sup>3,4</sup>. It may thus be inferred that leptin resistance decreases the basal metabolic rate, contributing to the energy imbalance characteristic of obesity. A further striking finding in the present study was the negative correlation between RMR, a parameter indicative of thermogenic activity, and both BMI and %FM, suggesting a reduction of energy expenditure in more obese subjects. However, although more obese subjects tended to have higher levels of leptin and lower RMR values, these two variables were not correlated with each other, suggesting that changes in energy expenditure may occur independently of variations in leptin levels. The negative correlation between RMR and both BMI and %FM may simply be due to an increase in the fat mass fraction with respect to the lean mass fraction, especially in the case of muscle mass, which is metabolically more active than fat mass.

BMI, %FM and WC all displayed positive correlations with insulin levels, thus confirming the well-established link between obesity and insulin resistance<sup>27</sup>. The significant correlation observed between leptinemia and insulinemia may therefore be attributed at least in part to obesity, which contributes to the development of resistance mechanisms to both hormones. A number of studies have suggested that insulin itself may stimulate leptin transcription and secretion<sup>1,28</sup>.

From the results obtained, it may be concluded that both BMI and %FM (estimated by bioelectrical impedance) are useful factors for predicting leptin levels in this study population, although neither variable displayed any apparent correlation with adiponectinemia. Whilst leptin levels were correlated with triglyceride levels, levels of the two adipokines were of no value for predicting the other metabolic variables analyzed.

## References

- Havel P. Peripheral signals conveying metabolic information to the brain: short-term and long-term regulation of food intake and energy homeostasis. *Exp Biol Med.* 2001;226:963-77.
- Ahima RS, Lazar MA. Adipokines and the peripheral and neural control of energy balance. *Mol Endocrinol.* 2008;1:1-33.
- Halaas JL, Boozer C, Blair-West J, Fidathusein N, Denton DA, Friedman JM. Physiological response to long-term peripheral and central leptin infusion in lean and obese mice. *Physiology.* 1997;94:8878-83.
- Friedman JM, Halaas JL. Leptin and regulation of body weight in mammals. *Nature.* 1998;395:763-70.

5. Cnop M, Havel PJ, Utzschneider KM, Carr DB, Sinha MK, Boyko EJ, et al. Relationship of adiponectin to body fat distribution, insulin sensitivity and plasma lipoproteins: evidence for independent roles of age and sex. *Diabetologia*. 2003;46:459-69.
6. Haluzik M, Parizkova J, Haluzik MM. Adiponectin and its role in the obesity-induced insulin resistance and related complications. *Physiol Res*. 2004;53:123-9.
7. Hickey MS, Israel RG, Gardiner SN, Considine RV, McCammon MR, Tyndall GL, et al. Gender differences in serum leptin levels in humans. *Biochem Mol Med*. 1996;59:1-6.
8. Rosenbaum M, Nicolson M, Hirsch J, Heymsfield SB, Gallagher D, Chu F, et al. Effects of gender, body composition, and menopause on plasma concentrations of leptin. *J Clin Endocrinol Metab*. 1996;81:3424-7.
9. Rosenbaum M, Pietrobelli A, Vasselli JR, Heymsfield SB, Leibel RL. Sexual dimorphism in circulating leptin concentrations is not accounted for by differences in adipose tissue distribution. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25:1365-71.
10. Böttner A, Kratzsch J, Müller G, Kapellen TM, Blüher S, Keller E, et al. Gender differences of adiponectin levels develop during the progression of puberty and are related to serum androgen levels. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004;89:4053-61.
11. Caro JF, Kolaczynski JW, Nyce MR, Ohannesian JP, Opentanova I, Goldman WH, et al. Decreased cerebrospinal-fluid/serum leptin ratio in obesity: a possible mechanism for leptin resistance. *Lancet*. 1996;348:159-61.
12. Schwartz MW, Peskind E, Raskind M, Boyko EJ, Porte DJr. Cerebrospinal fluid leptin levels: relationship to plasma levels and to adiposity in humans. *Nat Med*. 1996;2:589-93.
13. Bjorbaek C, El-Haschimi K, Frantz JD, Flier JS. The role of SOCS-3 in leptin signaling and leptin resistance. *J Biol Chem*. 1999;274:30059-65.
14. El-Haschimi K, Pierroz DD, Hileman SM, Bjorbaek C, Flier JS. Two defects contribute to hypothalamic leptin resistance in mice with diet-induced obesity. *J Clin Invest*. 2000;105:1827-32.
15. Gougeon R, Lamarche M, Yale JF, Venuta T. The prediction of resting energy expenditure in type 2 diabetes mellitus is improved by factoring for glycaemia. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2002;26:1547-52.
16. Azuma K, Katsukawa F, Oguchi S, Murata M, Yamazaki H, Shimada A, et al. Correlation between serum resistin level and adiposity in obese individuals. *Obes Res*. 2003;11:997-1001.
17. Ryo M, Nakamura T, Kihara S, Kumada M, Shibazaki S, Takahashi M, et al. Adiponectin as a biomarker of the metabolic syndrome. *CircJ*. 2004;68:975-81.
18. Tajtáková M, Petrášová D, Petrovicová J, Pytliak M, Semanová Z. Adiponectin as a biomarker of clinical manifestation of metabolic syndrome. *Endocr Regul*. 2006;40:15-9.
19. WHO, World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert committee. Geneva: WHO, 1995. Technical Report Series, 854.
20. Deurenberg P, van der Kooy K, Leenen R, Weststrate JA, Seidell JC. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int J Obes*. 1991;15:17-25.
21. Friedwald WT, Levy RI, Friedrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without the use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem*. 1972;18:499-502.
22. Weir IB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*. 1949;109:1-9.
23. Ardern CI, Katzmarzyk PT, Janssen I, Ross R. Discrimination of health risk by combined body mass index and waist circumference. *Obes Res*. 2003;11:135-42.
24. Montague CT, Prins JB, Sanders L, Digby JE, O'Rahilly S. Depotand sex-specific differences in human leptin mRNA expression: implications for the control of regional fat distribution. *Diabetes*. 1997;46:342-7.
25. Janssen I, Heymsfield SB, Allison DB, Kotler DP, Ross R. Body mass index and waist circumference independently contribute to the prediction of nonabdominal, abdominal subcutaneous, and visceral fat. *Am J Clin Nutr*. 2002;75:683-8.
26. Ribeiro-Filho FF, Faria NA, Azjen S, Zanella MT, Ferreira SRG. Methods of estimation of visceral fat: advantages of ultrasonography. *Obes Res*. 2003;11:1488-94.
27. Bray GA, Jablonski KA, Fujimoto WY, Barrett-Connor E, Haffner S, Hanson RL, et al. Relation of central adiposity and body mass index to the development of diabetes in the Diabetes Prevention Program. *Am J Clin Nutr*. 2008;87:1212-8.
28. Moreno-Aliaga MJ, Stanhope KL, Havel PJ. Transcriptional regulation of the leptin promoter by insulin-stimulated glucose metabolism in 3t3-L1 adipocytes. *Bioch Biophys Res Commun*. 2001;283:544-8.



Original

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

## Análise comparativa do desempenho de futebolistas entre dois testes de potência aeróbia: esteira e Yo-Yo intermitente endurance nível 2

A.M. Fornaziero<sup>a,b</sup>, R.D. Leite<sup>c</sup>, P.H.S.M. de Azevedo<sup>c,d</sup>, A.C. Dourado<sup>a</sup>, L.B. Daros<sup>a,e</sup>, R. Osiecki<sup>b</sup> y L.C.R. Stanganelli<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidade Estadual de Londrina-ME/SNEAR/CENESP-UEL. Londrina/PR. Brasil.

<sup>b</sup>Programa de Mestrado em Educação Física. Centro de Estudos da Performance Física-CEPEFIS. Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR. Brasil.

<sup>c</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas. Laboratório de Fisiologia do Exercício. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos/SP. Brasil.

<sup>d</sup>Faculdade Anhanguera de Bauru-GEP. MecFisio. Departamento de Educação Física. Bauru/SP. Brasil.

<sup>e</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste. Guarapuava/PR. Brasil.

### Historia del artículo:

Recibido el 13 de mayo de 2009

Aceptado el 28 de junio de 2009

### Palabras clave:

Potencia aeróbica.

Prueba Yo-Yo.

Fútbol.

### RESUMEN

#### Análisis comparativo del desempeño de futbolistas entre dos pruebas de potencia aeróbica: tapiz rodante y Yo-Yo intermitente resistencia nivel 2

**Objetivo.** El objetivo de este estudio fue comparar las respuestas cardiorrespiratorias de futbolistas en protocolos crecientes en tapiz rodante e intermitente en el campo.

**Método.** La muestra estaba compuesta por 14 jóvenes futbolistas con edad media de  $17,10 \pm 1,08$  años, masa corporal y talla media de  $62,91 \pm 6,15$  kg y  $174,64 \pm 5,97$  cm, respectivamente. El protocolo de tapiz rodante se inició a la velocidad de 7 km/h, añadiendo 1 km/h a cada minuto de la prueba, hasta el agotamiento del sujeto. La prueba Yo-Yo de resistencia de nivel 2 (Yo-Yo IE2) fue la prueba de campo utilizada. Las variables que se utilizaron fueron el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ), la ventilación (VE), el cociente respiratorio (R), la frecuencia cardiaca máxima (FC<sub>máx</sub>), el tiempo total del test (TTOTAL) y la velocidad de ocurrencia del  $VO_{2max}$  ( $VVO_{2max}$ ). La  $VVO_{2max}$  fue determinada por la velocidad de ocurrencia correspondiente de  $VO_{2max}$ . Se utilizó el ergoespirómetro portátil.

**Resultados.** Los resultados no demostraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de  $VO_{2max}$  en el tapiz rodante ( $56,00 \pm 6,33$  ml.[kg.min]<sup>-1</sup>) y el Yo-Yo ( $57,20 \pm 4,67$  ml.[kg.min]<sup>-1</sup>). Sí hubo diferencias estadísticamente significativas para las variables de ventilación, cociente respiratorio, frecuencia cardiaca máxima, tiempo y velocidad, cuando se compararon las pruebas de tapiz rodante y Yo-Yo. La prueba de Bland-Altman demostró una escasa concordancia entre las pruebas. El  $VO_{2max}$  determinado en el tapiz rodante presentó una correlación significativa con el tiempo de duración ( $r = 0,91$ ) y la distancia ( $r = 0,89$ ) en la prueba Yo-Yo, lo que resultó en la propuesta de dos ecuaciones para la determinación del  $VO_{2max}$ .

**Conclusiones.** Concluimos que no hay diferencia estadística significativa para la variable  $VO_{2max}$  entre las pruebas, aunque es necesario ser prudente en la utilización de la  $VVO_{2max}$  para la determinación de la intensidad del entrenamiento en futbolistas.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

#### Comparative analysis of the performance of soccer players between two aerobic power tests: treadmill and Yo-Yo intermittent endurance test level 2

**Purpose.** This study has aimed to compare cardiorespiratory responses in soccer players who underwent a treadmill and an intermittent field test.

**Method.** The sample was made up of 14 young soccer players with a mean age of  $17.10 \pm 1.08$  years, body mass and stature of  $62.91 \pm 6.15$  kg and  $174.64 \pm 5.97$  cm, respectively. Treadmill protocols started with an initial velocity of 7 km/h using 1 km/h increments each minute until reaching voluntary exhaustion. The Yo-Yo intermittent endurance, level 2 (Yo-Yo IE2) field test was used. Variables analyzed were: oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ), ventilation (VE); gas exchange ratio (R), heart rate (FC), total time (TTOTAL) and velocity  $VO_{2max}$  occurrence ( $VVO_{2max}$ ) in tests using portable ergospirometric device.  $VVO_{2max}$  was measured by the corresponding velocity occurrence of  $VO_{2max}$ .

### Key words:

Aerobic power.

Yo-Yo test.

Soccer.

### Contacto:

R.D. Leite.

Universidade Estadual de Londrina-ME/SNEAR/  
 CENESP.

Rod. Celso Garcia Sid, s/n.

Campus Universitário.

Caixa Postal 6001. Londrina, Brasil.

E-mail: rixleite@gmail.com

**Results.** The results did not show statistically significant differences between  $VO_{2max}$  values on treadmill ( $56.00 \pm 6.33$  ml.[kg.min]<sup>-1</sup>) and Yo-Yo field test ( $57.20 \pm 4.67$  ml.[kg.min]<sup>-1</sup>). Statistically significant differences did exist in the variables of ventilation, gas exchange ratio, heart rate, time and speed compared with the treadmill and Yo-Yo tests. The Bland-Altman test showed weak concordance between tests.  $VO_{2max}$  measured with the treadmill showed significant correlation with duration (0.91) and distance (0.89) performed in Yo-Yo test, this leading to the proposal of two equations for the measurement of  $VO_{2max}$ .

**Conclusions.** In conclusion, there was no statistically significant difference for the variable of  $VO_{2max}$  between the two tests. However, the  $VVO_{2max}$  velocity should be used with caution when determining training intensity for young soccer players.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

## Introdução

O futebol é uma modalidade esportiva caracterizada prioritariamente por esforços intermitentes e de alta intensidade<sup>1-8</sup>, desta forma, o desenvolvimento da potência aeróbia é necessário para permitir a rápida recuperação do atleta frente a estes esforços, capacitando-o a realizar novas ações<sup>6,8,9,10</sup>. Adicionalmente, o não-desenvolvimento desta capacidade física pode limitar o desempenho durante o jogo<sup>11</sup>.

Neste sentido o estabelecimento de indicadores confiáveis que possam ser utilizados para prescrição e controle dos efeitos do treinamento tem merecido atenção de vários pesquisadores<sup>6,8,12,13</sup>. A principal medida utilizada é a do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), obtida por meio de testes em laboratórios, além de ser uma medida de limitação funcional do sistema cardiovascular<sup>14,15</sup>.

O procedimento padrão para a obtenção dos valores de  $VO_{2max}$  é a realização de testes de esforço máximo em laboratório, utilizando-se ergoespirômetros para a análise dos gases expirados, com o objetivo de obter valores reais da condição do atleta<sup>16</sup>. Contudo, o elevado custo financeiro para aplicação deste teste limita sua aplicação, além de não reproduzir os movimentos realizados durante uma partida de futebol<sup>17</sup>.

Atualmente os testes de “ida e volta”, também conhecidos como “shuttle run”, são amplamente utilizados no futebol, pelo fato de exigirem mudanças de direção e movimentações semelhantes às específicas do jogo. Nesse contexto, Bangsbo<sup>18</sup> desenvolveu os testes conhecidos como Yo-Yo, que reproduzem em parte os movimentos executados em uma partida de futebol, podendo fornecer informações valiosas sobre a potência aeróbia dos atletas<sup>6,19</sup>. Este teste parece ser uma válida e fidedigna forma de avaliação do desempenho dos jogadores no futebol, além de possuir uma alta reprodutibilidade<sup>14,20,21</sup>.

Segundo Castagna et al<sup>22</sup> o Yo-Yo intermitente endurance (Yo-Yo IE) vem sendo usado no futebol, porém, poucos estudos mostraram respostas fisiológicas a este teste. Assim, pesquisas que estabeleçam comparações entre um teste de laboratório (padrão-ouro) e um teste desenvolvido para ser aplicado especificamente no futebol, são válidos no sentido de fornecer informações mais precisas acerca das respostas cardiorespiratórias de jovens futebolistas submetidos a estes tipos de teste.

O objetivo do presente estudo foi comparar as respostas cardiorespiratórias e de desempenho de jovens futebolistas submetidos a um teste de esforço máximo na esteira e ao teste Yo-Yo IE nível 2 (Yo-Yo IE2) aplicado no campo de jogo, assim como a velocidade associada ao  $VO_{2max}$  ( $VVO_{2max}$ ) em ambos os testes. Adicionalmente, foi objetivo também propor uma equação para predição do  $VO_{2max}$  a partir dos resultados obtidos no teste de campo.

## Métodos

### Amostra

A amostra foi composta por 14 atletas integrantes da equipe de base do clube profissional Londrina Esporte Clube (idade:  $17,10 \pm 1,08$  anos; estatura:  $174,64 \pm 5,97$  cm; massa corporal:  $62,91 \pm 6,15$  kg; % gordura:  $10,16 \pm 0,90$ ). Os atletas eram praticantes da modalidade a pelo menos 4 anos, e participaram do Campeonato Paranaense de Futebol da categoria. Os participantes estavam no início da temporada, e as sessões de treinamento tinham duração de aproximadamente 120 minutos com frequência de 6 dias por semana. Durante os testes, os avaliados foram motivados por meio de encorajamento verbal para que o esforço máximo fosse atingindo.

O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Estadual de Londrina (062/01). Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos utilizados e concordaram em participar de maneira voluntária do estudo, sendo o termo de consentimento e proteção da privacidade assinado pelo diretor de futebol do clube para os atletas considerados menores de idade.

### Procedimentos

Todas as avaliações foram realizadas no período da manhã. A primeira sessão foi para a realização do teste de mensuração do consumo máximo de oxigênio máximo em esteira. A segunda sessão foi para a realização do teste de campo (Yo-Yo IE2), sendo que o intervalo entre os testes foi de 7 dias.

A temperatura média para os testes em laboratório foi de 22 °C e a umidade relativa do ar foi de 53%. Para o teste de campo a temperatura e a umidade relativa do ar média foram 26,9 °C e 51% no primeiro dia e 25,6 °C e 57% no segundo dia, respectivamente.

Para a determinação do  $VO_{2max}$  na esteira foi utilizado um teste incremental em esteira motorizada (Inbramed ATL 10200, Porto Alegre, Brasil). A avaliação teve início com aquecimento de 4 minutos na velocidade de 7 km/h para todos os sujeitos, seguido de incremento de 1 km/h a cada 1 minuto. A esteira permaneceu com inclinação de 1% durante todo o teste. O teste foi finalizado quando houve a exaustão voluntária do sujeito.

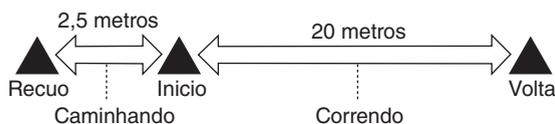
O Yo-Yo IE2 foi realizado conforme estabelecido por Bangsbo<sup>18</sup> e consistiu de corridas de “ida e volta” em um percurso total de 40 metros (ida e volta de 20 metros), com velocidade inicial de 11,5 km/h e aumentos progressivos de velocidade controlados por meio de estímulos sonoros, que diminuem de intervalo com o passar do teste. Ao completar o percurso de 40 metros, os avaliados deveriam parar de correr, caminhar até um cone de recuo posicionado a 2,5 metros e retornar ao cone de início

**Tabela 1**

Resultados das variáveis cardiorrespiratórias e desempenho nos teste de esteira e teste Yo-Yo

	Esteira, média ± DP	Intervalo de confiança inf-sup (95%)	Yo-Yo, média ± DP	Intervalo de confiança inf-sup (95%)	p
VO <sub>2máx</sub> ml.(min.kg) <sup>-1</sup>	56,00 ± 6,33	52,43-59,65	57,20 ± 4,67	54,50-59,90	0,549
VE <sub>máx</sub> (l/min)	149,7 ± 15,8*	140,58-158,90	135,83 ± 15,9	126,63-145,03	0,005
R	1,28 ± 0,07*	1,24-1,32	1,21 ± 0,05	1,18-1,24	0,001
FCmáx (bpm)	193,93 ± 7,8*	189,32-198,42	190,00 ± 6,71	186,12-193,88	0,003
TTOTAL (min)	15,67 ± 1,50*	14,80-16,53	7,42 ± 1,00	6,84-8,00	0,001
VEL <sub>máx</sub> (km/h)	19,14 ± 1,46*	18,30-19,99	14,04 ± 0,24	13,90-14,17	0,001
Distância (m)			1.071,43 ± 168,38	974,21-1.168,65	

\*Diferenças significativas entre esteira e teste Yo-Yo (p < 0,05). Distância: distância percorrida no teste Yo-Yo; DP: desvio padrão; FCmáx: frequência cardíaca máxima; R: quociente respiratório; TTOTAL: tempo total do teste; VE<sub>máx</sub>: produção de dióxido de carbono; VEL<sub>máx</sub>: velocidade máxima atingida no teste; VO<sub>2máx</sub>: consumo máximo de oxigênio.

**Fig. 1.** Desenho esquemático do teste Yo-Yo intermitente endurance nível 2.

(fig. 1), tendo 5 segundos para realizar tal tarefa. Após esse tempo (5 seg) outro sinal sonoro era executado e os atletas deveriam percorrer todo o percurso novamente. O final do teste foi determinado quando o atleta falhava por duas vezes na tentativa de alcançar a linha de chegada no tempo ou não conseguia realizar o teste na velocidade determinada.

Foi considerado como resultado final a distância total percorrida. O teste foi realizado no campo de jogo com linhas demarcadas por cones com uma distância de 20 metros. A duração total da avaliação foi de 5 a 20 minutos.

Foi realizado o monitoramento *on-line* dos gases inspirados e expirados através da utilização de um analisador metabólico de gases portátil, utilizando marcação *breath-by-breath* (Cosmed, K4b<sup>2</sup>, Roma, Itália) com monitoramento de frequência cardíaca e transmissão de dados por telemetria. A cada 15" foram analisadas as seguintes variáveis: consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), ventilação (VE), quociente respiratório (VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>), frequência cardíaca (FC), tempo total e velocidade máxima atingida no teste. O VO<sub>2máx</sub> foi definido com sendo o maior valor médio do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) alcançado durante o teste no tempo de 15 seg<sup>19</sup>. A velocidade do VO<sub>2máx</sub> (VVO<sub>2máx</sub>) foi determinada como sendo a velocidade correspondente a ocorrência do VO<sub>2máx</sub>. Os testes utilizados neste estudo apresentaram índice de correlação intraclasse satisfatório (0,68).

### Análise estatística

Todos os dados foram expressos como média ± desvio padrão. A análise estatística foi realizada inicialmente pelo teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e pelo teste de homocedasticidade (critério de Bartlett). Todas as variáveis analisadas apresentaram distribuição normal e homocedasticidade sendo aplicado o teste t de Student para amostras dependentes e correlação de Pearson.

Para o estabelecimento da equação de predição do VO<sub>2máx</sub> utilizou-se regressão linear com base no tempo e distância percorridos no teste Yo-Yo em relação ao VO<sub>2máx</sub> obtido na esteira. Adicionalmente foi verificado o limite de concordância dos dados (plotagem de Bland-Altman). Em todos os cálculos foi fixado um nível crítico de 5% (p < 0,05). O software utilizado em todos os testes estatísticos foi o Statistica® 6.1.

**Tabela 2**

Valores de correlação das variáveis cardiorrespiratórias e de desempenho nos testes

	VO <sub>2máx</sub> Y	VE <sub>máx</sub> Y	R Y	FCmáx	TTOTAL Y	Distância Y
VO <sub>2máx</sub> E	0,14	-0,31	-0,11	0,11	0,91*	0,89*
VE <sub>máx</sub> E	-0,15	0,50	0,13	-0,13	-0,06	0,04
R E	0,27	0,08	0,69*	0,48	0,15	0,09
FCmáx E	0,37	-0,29	0,31	0,85	0,08	0,02
TTOTAL E	-0,54*	-0,24	0,24	0,07	-0,17	-0,11

\*Correlações significantes estatisticamente (p < 0,05). E: esteira; FCmáx: frequência cardíaca máxima; R: quociente respiratório; TTOTAL: tempo total do teste; VE<sub>máx</sub>: produção de dióxido de carbono; VEL<sub>máx</sub>: velocidade máxima atingida no teste; VO<sub>2máx</sub>: consumo máximo de oxigênio; Y: Yo-Yo.

### Resultados

Os valores de VO<sub>2máx</sub> não apresentaram diferença estatisticamente significativa nas comparações entre os dois testes (p = 0,549). A VE<sub>máx</sub> apresentou diferença estatisticamente significativa entre os dois testes (p = 0,005), e o maior valor foi obtido no teste de esteira. A mesma resposta foi observada para a variável quociente respiratório (p = 0,001) e frequência cardíaca (p = 0,003) (tabela 1).

As variáveis de desempenho tempo total (TTOTAL) e velocidade máxima (VVO<sub>2máx</sub>) foram maiores no teste de esteira, apresentando diferenças significativas ao teste Yo-Yo (p = 0,001; p = 0,001, respectivamente) (tabela 1).

De acordo com a plotagem de Bland-Altman o VO<sub>2máx</sub> determinado por meio do Yo-Yo apresenta uma variação média de -1,2 ml.(kg.min)<sup>-1</sup> quando comparado ao teste de laboratório, com máximo e mínimo de +13,2 ml.(kg.min)<sup>-1</sup> à -15,6 ml.(kg.min)<sup>-1</sup>, respectivamente.

A FCmáx mostrou uma variação média do teste de laboratório de +3,9 bpm, com máximo e mínimo de +12,1 bpm à -4,3 bpm, respectivamente. Com relação à VVO<sub>2máx</sub> a variação média do teste de laboratório foi de +5,1 km/h, com máximo e mínimo de +7,8 km/h e -2,4 km/h, respectivamente.

A partir da análise dos valores obtidos na regressão linear com base nos resultados dos testes de esteira e Yo-Yo, foram propostas duas equações em função da distância e tempo para a determinação indireta do VO<sub>2máx</sub> para o teste Yo-Yo IE2.

Para a variável distância foi proposta a equação:

$$VO_{2(\text{distância})} = 20,196 + 0,0334 * \text{distância}, \text{ e para a variável tempo:}$$

$$VO_{2(\text{tempo})} = 13,2537 + 5,762 * \text{tempo} \text{ (tabela 3; figs. 2 e 3).}$$

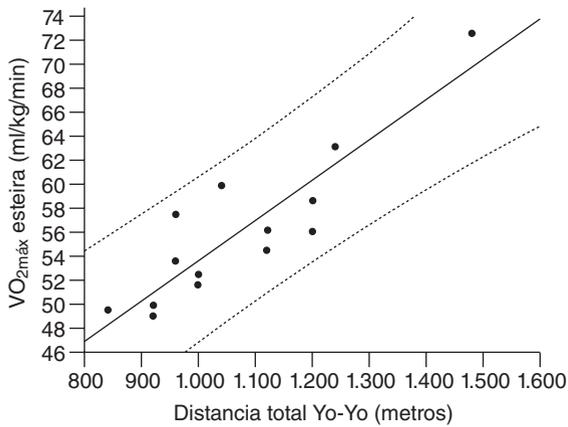


Fig. 2. Plotagem dos valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  em função da distância total no teste Yo-Yo.

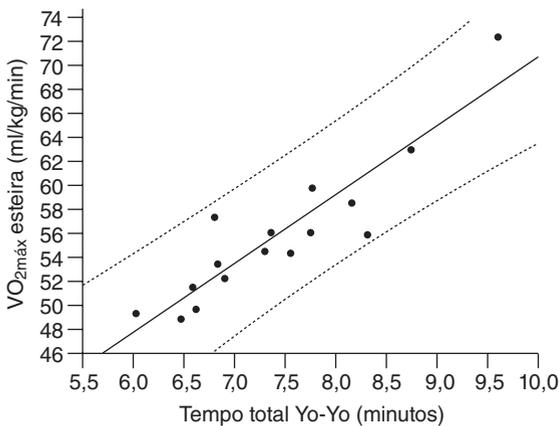


Fig. 3. Plotagem dos valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  em função do tempo total no teste Yo-Yo.

## Discussão

A contribuição mais relevante do presente estudo reside no fato dos resultados dos testes de  $VO_{2m\acute{a}x}$  não apresentarem diferença estatisticamente significativa. Em contrapartida parece não existir uma forte concordância estatística que permita concluir ambos os testes são semelhantes. Isso pode ser explicado pela característica intermitente do Yo-Yo IE2 e a característica contínua do teste de esteira.

Castagna et al<sup>17</sup> aplicaram o Yo-Yo intermitente endurance nível 1 e teste de esteira em futebolistas para determinação do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , não sendo encontrada diferença estatisticamente significativa entre os testes aplicados.

Os valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  obtidos no presente estudo são semelhantes aos resultados encontrados por Aziz et al<sup>23</sup> e estão de acordo com a literatura para a modalidade<sup>8</sup>, bem como, os resultados de  $VO_{2m\acute{a}x}$  obtidos no teste de esteira<sup>17,23</sup>.

Metaxas et al<sup>24</sup> aplicaram o mesmo teste e os resultados foram superiores aos encontrados neste estudo para o teste de Yo-Yo IE2 e esteira.

Tais resultados podem ser explicados pelo maior nível de aptidão física dos atletas por se tratar de futebolistas de elite.

A ventilação máxima no teste de esteira apresentou maiores valores quando comparado com o teste Yo-Yo corroborando com outros estudos<sup>17,24</sup>. Essa resposta se deve ao fato dos diferentes protocolos aplicados, já que, a velocidade máxima e o tempo total de duração no teste de esteira foram maiores quando comparados com o teste Yo-Yo<sup>17</sup> (deslocamento 40 metros, seguido do tempo de recuperação).

A velocidade máxima verificada no teste em esteira e a sua maior duração proporcionam um maior recrutamento de fibras do tipo II (fibras rápidas), maior hidrólise de ATP e como conseqüência o aumento da exigência do metabolismo aeróbio/anaeróbio durante sua realização.

O aumento da exigência dessas vias energéticas gera, por conseguinte, modificações importantes no sistema fisiológico, tais como a produção exacerbada de lactato, maior liberação de  $H^+$ , maior tamponamento pelo  $HCO_3^-$  e conseqüentemente maior produção de  $CO_2$ . Estas respostas fisiológicas promovem ajustes importantes no equilíbrio ácido-base do atleta, o que pode explicar os elevados valores de ventilação encontrados no teste de esteira.

A frequência cardíaca máxima apresentou valores superiores e diferentes estatisticamente na esteira quando comparado ao Yo-Yo IE2. Castagna et al<sup>17</sup> observaram valores de frequência cardíaca máxima semelhante aos encontrados neste estudo<sup>17</sup>. Diferentemente Aziz et al<sup>23</sup> e Metaxas et al<sup>24</sup> apresentaram valores superiores de frequência cardíaca máxima aos verificados neste estudo.

O teste Yo-Yo IE2 foi desenvolvido para avaliar a capacidade individual de realização de exercícios repetidos por um período prolongado<sup>18</sup>. A correlação significativa existente entre as variáveis do teste de Yo-Yo (distância e tempo total) e  $VO_{2m\acute{a}x}$  na esteira, demonstram a validade indireta, no que se refere, à mensuração da potência aeróbia em futebolistas. Adicionalmente, reforça a importância de elevados valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  como pré-requisito básico para a execução de esforços intermitentes.

Foi verificada forte correlação entre tempo ( $r = 0,91$ ) e distância ( $r = 0,89$ ), em relação ao  $VO_{2m\acute{a}x}$  obtido na esteira (tabela 2). Deste modo, foram propostas duas equações para a predição do  $VO_{2m\acute{a}x}$  a partir do desempenho no teste de Yo-Yo. A determinação destas equações são instrumentos válidos para obtenção de medidas indiretas para avaliar de forma específica a funcionalidade do atleta<sup>25</sup>.

Em contrapartida foi verificada uma variação nos resultados de  $VO_{2m\acute{a}x}$  superior a  $5 \text{ ml} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ . Segundo Astorino et al<sup>15</sup>, os testes de avaliação da potência aeróbia não exibem forte concordância quando apresentam variações superiores a  $3 \text{ ml} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$ .

Este fato pode ser explicado pela diferença entre os protocolos utilizados, já que, suas características impõem ao sistema fisiológico do atleta, demandas energéticas diferentes.

Isso pode ser observado na velocidade associada ao  $VO_{2m\acute{a}x}$ , sendo menor no teste de Yo-Yo. Esta diferença entre as velocidades associadas ao  $VO_{2m\acute{a}x}$  tem implicação importante na prescrição do treinamento da capacidade e potência aeróbia de futebolistas. Por isso é necessário cautela na utilização dos resultados do teste de Yo-Yo e de esteira para a prescrição da intensidade de treinamento.

## Tabela 3

Equações preditivas do  $VO_{2m\acute{a}x}$  indireto a partir dos resultados da distância e tempo no teste Yo-Yo intermitente endurance nível 2

Variável de predição	Equação	R	R <sup>2</sup>	S
Distância total (metros)	$VO_2 (\text{distância}) = 20,196 + 0,0334 \cdot \text{distância}$	0,89	0,79	3,01
Tempo total (minutos)	$VO_2 (\text{tempo}) = 13,2537 + 5,762 \cdot \text{tempo}$	0,91	0,83	2,71

Metaxas et al<sup>24</sup> sugerem aos profissionais envolvidos na avaliação da aptidão física de futebolistas a utilizarem o teste de Yo-Yo para a avaliação das capacidades aeróbias durante toda temporada. Isso se torna importante no sentido que atletas com melhores desempenhos neste tipo de teste podem ser mais eficientes durante a partida<sup>17</sup>. Além disso, sua aplicabilidade é maior em relação a procedimentos laboratoriais (padrões), posto que seja possível avaliar vários atletas ao mesmo tempo, e não se requer equipamentos sofisticados e de alto custo.

Portanto conclui-se que apesar da forte correlação e de não haver diferença estatística significativa entre o Yo-Yo teste e o teste de laboratório em esteira para a variável  $VO_{2m\acute{a}x}$ , um teste não pode substituir o outro, pois a concordância entre ambos é fraca. Há necessidade de estudos com relação à aplicabilidade da velocidade associada ao  $VO_{2m\acute{a}x}$  determinados através do Yo-Yo e teste de laboratório para a prescrição do treinamento de futebolistas. As fórmulas de predição do  $VO_{2m\acute{a}x}$  geradas são uma interessante alternativa para a avaliação e acompanhamento da evolução da capacidade funcional do atleta durante toda a temporada.

## RESUMO

**Objetivo.** O objetivo deste estudo foi de comparar as respostas cardiorrespiratórias de futebolistas aos protocolos crescentes em esteira e intermitente em campo.

**Métodos.** A amostra foi composta por 14 jovens futebolistas com idade média de  $17,10 \pm 1,08$  anos, massa corporal e estatura média de  $62,91 \pm 6,15$  kg e  $174,64 \pm 5,97$  cm, respectivamente. O protocolo em esteira iniciou-se com velocidade de 7 km/h e incremento de 1 km/h a cada minuto até exaustão voluntária do indivíduo. Para o teste de campo foi utilizado o teste Yo-Yo intermitente endurance nível 2 (Yo-Yo IE2). Foram analisadas as variáveis consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), ventilação (VE), quociente respiratório (R), frequência cardíaca máxima (FCmáx), tempo total (TTOTAL) e velocidade de ocorrência do  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $VVO_{2m\acute{a}x}$ ). A  $VVO_{2m\acute{a}x}$  foi determinada como sendo a velocidade correspondente a ocorrência do  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Foi utilizado o ergoespirômetro portátil.

**Resultados.** Os resultados não mostram diferença estatisticamente significativa entre os valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  na esteira ( $56,00 \pm 6,33$  ml.[kg.min]<sup>-1</sup>) e Yo-Yo ( $57,20 \pm 4,67$  ml.[kg.min]<sup>-1</sup>). Houve diferença estatisticamente significativa nas variáveis ventilação, quociente respiratório, frequência cardíaca máxima, tempo e velocidade, ao comparar os testes de esteira e o Yo-Yo. O teste de Bland-Altman demonstrou fraca concordância entre os testes. O  $VO_{2m\acute{a}x}$  determinado na esteira apresentou correlação significativa com o tempo de duração (0,91) e distância percorrida (0,89) no teste Yo-Yo, resultando na proposta de duas equações para a determinação do  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

**Conclusões.** Concluiu-se não haver diferença estatística significativa para a variável  $VO_{2m\acute{a}x}$  entre os testes, entretanto, é necessário cautela na utilização da  $VVO_{2m\acute{a}x}$  para a determinação da intensidade do treinamento de futebolistas.

*Palavras-chave:*

Potência aeróbia.

Teste de Yo-Yo.

Futebol.

## Bibliografia

- Ekblom B. Applied physiology of soccer. Sports Med. 1986;3:50-60.
- Bangsbo J. The physiology of soccer: with special reference to intense intermittent exercise. Copenhagen: Ho+Storm; 1993.
- Tumilty D. Physiological characteristics of elite soccer players. Sports Med. 1993;16:80-96.
- Drust B, Reilly T, Cable NT. Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. J Sports Sci. 2000;18:885-92.
- Dupont G, Akakpo K, Berthoin S. The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. J Strength Cond Res. 2004;18:584-9.
- Hoff J. Training and testing physical capacities for elite soccer players. J Sports Sci. 2005;23:573-82.
- Reilly T. An ergonomics model of the soccer training process. J Sports Sci. 2005;23:561-72.
- Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. Sports Med. 2005;35:501-36.
- Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. J Sports Sci. 2006;24:665-74.
- Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. Med Sci Sports Exerc. 2001;33:1925-31.
- Bangsbo J, Lindquist F. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. Int J Sports Med. 1992;13:125-32.
- Svensson M, Drust B. Testing soccer players. J Sports Sci. 2005;23:601-18.
- Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. J Sports Sci. 1994;12:55-12.
- Grant S, Corbett K, Amjad AM, Wilson J, Aitchison T. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. Br J Sports Med. 1995;29:147-52.
- Astorino TA, Robergs RA, Ghiasvand F, Marks D, Burns S. Incidence of the oxygen plateau during exercise testing to volitional fatigue. J Exerc Physiol. 2000;3:1-12.
- Lima AMJ, Silva DVG, Souza AOS. Correlação entre medidas direta e indireta de  $VO_{2m\acute{a}x}$  em atletas de futsal. Rev Bras Med Esporte. 2005;11:164-6.
- Castagna C, Impelizzeri FM, Belardinelli F, Abt G, Coutts A, Chamari K, et al. Cardiorespiratory responses to Yo-Yo intermittent endurance test in nonelite youth soccer players. J Strength Cond Res. 2006;20:326-30.
- Bangsbo J. Yo-Yo tests. Copenhagen: Ho+Storm; 1996.
- Denadai BS, Higino WP, Faria RA, Nascimento EP, Lopes EW. Validade e reprodutibilidade da resposta do lactato sanguíneo durante o teste shuttle run em jogadores de futebol. Rev Bras Ciê e Mov. 2002;10:71-8.
- Williford HN, Scharff-Olson M, Ducey WJ, Pugh S, Barksdale JM. Physiological status and prediction of cardiovascular fitness in highly trained youth soccer athletes. J Strength Cond Res. 1999;13:10-5.
- Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, et al. The Yo-Yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. Med Sci Sports Exerc. 2003;35:697-705.
- Castagna C, Impelizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. J Strength Cond Res. 2006;20:320-5.
- Aziz AR, Tan FHY, Teh KC. A pilot study comparing two field tests with the treadmill run test in soccer players. J Sports Sci Med. 2006;4:105-12.
- Metaxas TI, Koutlianos NA, Kouidi EJ, Deligiannis AP. Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. J Strength Cond Res. 2005;19:79-84.
- Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, et al. The Yo-Yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. Med Sci Sports Exerc. 2003;35:697-705.



Original

## Recuperación de la frecuencia cardíaca y ventilación, y su relación con la lactacidemia, tras una prueba de esfuerzo en jóvenes deportistas

F.J. Calderón<sup>a</sup>, P.J. Benito<sup>a</sup>, J. Butragueño<sup>a</sup>, V. Díaz<sup>a</sup>, A.B. Peinado<sup>a</sup>, M. Álvarez<sup>a</sup>, A.G. Zapico<sup>b</sup> y M.J. Castillo<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Ciencias de la Educación Física y del Deporte (INEF). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España.

<sup>b</sup>Facultad de Educación. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España.

<sup>c</sup>Facultad de Medicina. Universidad de Granada. Granada. España.

### RESUMEN

*Historia del artículo:*

Recibido el 3 de mayo de 2009

Aceptado el 24 de julio de 2009

*Palabras clave:*

Frecuencia cardíaca.

Ventilación.

Ejercicio.

Factores de riesgo.

Pronóstico.

**Introducción y objetivos.** Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte y de hospitalización en España. El objetivo de este estudio fue analizar la evolución de diferentes indicadores de recuperación (frecuencia cardíaca, ventilación y concentración de lactato) en los 20 minutos posteriores a un protocolo de ejercicio de carácter incremental, utilizando una ecuación que mida la recuperación de manera porcentual con respecto a la capacidad funcional individual.

**Métodos.** Treinta y dos sujetos jóvenes deportistas realizaron una prueba máxima de carácter incremental en cicloergómetro. Se registraron las variables desde el calentamiento hasta la finalización de la prueba y durante los 20 minutos post-ejercicio. Se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con dos factores intrasujeto.

**Resultados.** A los cinco minutos de recuperación la ventilación se encontraba al 85,1 ( $\pm$  4,6) % de su reserva máxima, mientras que el corazón había recuperado el 65,7 ( $\pm$  6,1) % de la reserva cardíaca y la concentración láctica llegaba a valores del 15,4 ( $\pm$  12,9) % de la reserva láctica. Pasados 20 minutos, los sujetos mostraron una recuperación ventilatoria cercana al 100%, mientras que los valores de frecuencia cardíaca y sobre todo la concentración de lactato quedaban alejados de los valores de la línea de reposo.

**Conclusiones.** Existe una disociación en los patrones de recuperación post-esfuerzo en los primeros 20 minutos de una prueba de esfuerzo máxima. Sin embargo, son necesarios más estudios en poblaciones patológicas para comprobar la utilidad de esta ecuación como pronóstico en pacientes cardiovasculares.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

*Key words:*

Heart rate.

Ventilation.

Exercise.

Risk factor.

Prognosis.

#### **Heart rate and ventilatory recovery and their relationship with the lactate concentration after an incremental test in young sportsmen**

**Introduction and objectives.** Cardiovascular diseases constitute the first cause of death and hospitalization in Spain. This study aimed to analyze the evolution of various recovery indicators (heart rate, ventilation and lactate concentration) during the 20 minutes following an incremental exercise protocol, using an equation that measures recovery by percentage in regards to the individual functional capacity.

**Methods.** Thirty-two young sportsmen performed an incremental test until exhaustion on a cycloergometer. The variables were recorded from the warm-up period until completing the test for 20 minutes post-exercise. A two-way repeated measures analysis of the variance (ANOVA) was used.

**Results.** At five minutes of recovery, ventilation was at 85.1 ( $\pm$  4.6) % of its maximum reserve, while the heart had regained 65.7 ( $\pm$  6.1) % of the cardiac reserve and the lactate concentration reached values of 15.4% ( $\pm$  12.9) % of the lactic reserve. After 20 minutes, subjects showed a ventilatory recovery close to 100%, while the heart rate values and, above all, lactate concentration, remained distant from the at rest line values.

**Conclusion.** There is dissociation in the post-exercise recovery patterns after the first 20 minutes of a maximum exercise test. However more studies in the unhealthy population are needed to verify the usefulness of this equation for evaluating patient outcomes in cardiac rehabilitation.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

*Correspondencia:*

J. Butragueño Revenga.

Facultad de Ciencias de la Educación Física y del Deporte (INEF).

Universidad Politécnica de Madrid.

C/ Martín Fierro, s/n.

28040 Madrid. España.

Correo electrónico: javierbutra@hotmail.com

## Introducción

En el diagnóstico precoz de cardiopatía isquémica, la prueba de esfuerzo con registro electrocardiográfico es cada vez más utilizada<sup>1-3</sup>. Diversas investigaciones han revisado la relación entre la recuperación cardiorrespiratoria post-esfuerzo, las patologías cardiorrespiratorias y/o el riesgo de padecer enfermedad coronaria<sup>4-15</sup> como herramienta predictiva<sup>7,16-21</sup>. No obstante, las pruebas de esfuerzo, tal y como son habitualmente interpretadas en cardiología, no aportan índices que permitan evaluar la recuperación con respecto a la reserva cardíaca individual, ya que con los pacientes las pruebas no suelen ser máximas (al menos desde el punto de vista metabólico) y no existen unos valores de referencia con los que compararlos. Estos índices sí son habitualmente utilizados en sujetos deportistas que se someten a pruebas de esfuerzo para conocer y mejorar su estado de forma. Los datos obtenidos en estos sujetos<sup>22-25</sup> podrían servir de referencia para pruebas con finalidad de diagnóstico y control de enfermedad cardiológica.

La relación en la forma de recuperación y la actividad deportiva ha sido mostrada en numerosas ocasiones<sup>26-29</sup>, sin embargo, la relación entre una mayor (más rápida) recuperación y un mejor estado de forma no sólo se da en deportistas, sino que también puede tener aplicación práctica en pacientes con riesgo cardiovascular<sup>17,19</sup>.

La recuperación de la frecuencia cardíaca después de un esfuerzo incremental presenta un patrón bifásico, con una caída inicial rápida a la que sigue una posterior caída lenta. Básicamente, la caída rápida inicial no es dependiente del tipo de esfuerzo, dado que en esa caída influye más la sensibilidad del barorreflejo<sup>24</sup>. Por el contrario, la fase de caída lenta sí depende en mayor medida del tipo de ejercicio<sup>23,24</sup>.

Por otra parte, las investigaciones realizadas sobre la recuperación cardíaca post-esfuerzo han sido fundamentalmente estudiadas en relación al consumo de oxígeno post-ejercicio ( $VO_2$ )<sup>30-38</sup>; sin embargo, no conocemos estudios previos en los que se hayan comparado, de manera porcentual, la respuesta cardíaca, ventilatoria y láctica desde el punto de vista de la propia reserva de la variable.

Así, el objetivo de este estudio fue analizar la evolución de los diferentes indicadores de recuperación (frecuencia cardíaca durante la recuperación [Fc], ventilación durante la recuperación [ $V_E$ ] y concentración de lactato durante la recuperación [Lh]) en los 20 minutos posteriores a un protocolo de ejercicio de carácter incremental.

## Métodos

### Sujetos

Se seleccionó, de entre los asistentes habituales a las pruebas ergométricas del Laboratorio de Fisiología del Esfuerzo, a 32 varones jóvenes deportistas (ciclistas y triatletas) en los que se exigía como criterio de inclusión tener menos de 30 años, haber practicado este deporte al menos dos años de manera continuada y estar federados en el mencionado deporte. Además, los deportistas aceptaron participar en el estudio tras ser informados de la naturaleza del mismo. Los datos descriptivos de la muestra se pueden observar en la tabla 1. Previamente a su inclusión firmaron un consentimiento informado según las pautas éticas de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, para la investigación con los seres humanos<sup>39</sup>.

**Tabla 1**  
Valores descriptivos de la muestra (n = 32)

	Media	DE
Edad (años)	23,8	4,54
Peso (kg)	67,8	7,72
Talla (cm)	177,2	6,63
Capacidad vital forzada (l)	5,67	0,76
Máxima ventilación voluntaria (l·min <sup>-1</sup> )	192,5	19,68
Carga relativa al peso (w·kg <sup>-1</sup> )	6,4	0,8
Carga máxima (vatios)	435	75
$VO_2$ máx (l·min <sup>-1</sup> )	5,19	0,65
$VCO_2$ máx (l·min <sup>-1</sup> )	5,60	0,57
Frecuencia cardíaca de reposo (ppm)	58,86	11,72
Frecuencia cardíaca máxima (ppm)	191	7
Concentración de lactato de reposo (mmol·l <sup>-1</sup> )	1,58	0,42
Concentración de lactato máximo (mmol·l <sup>-1</sup> )	12,04	3,45

DE: desviación estándar.

## Protocolo experimental

El protocolo de ejercicio consistía en una prueba máxima de carácter incremental (5 W 12 s<sup>-1</sup>) realizada en cicloergómetro Jaeger ER800® (Erich Jaeger, Alemania) de freno electromagnético. La prueba estuvo precedida por 15 minutos de reposo, tumbados boca arriba, durante la que se establecía la línea de base del  $VO_2$  y producción de  $CO_2$  ( $VCO_2$ ). Tras la prueba los sujetos eran monitorizados durante 20 minutos para evaluar la recuperación. En los dos minutos iniciales de la recuperación los sujetos se mantenían ligeramente activos pedaleando a baja intensidad (50 W) y otros 18 minutos de recuperación pasiva, sobre el cicloergómetro, durante la cual mantuvieron una posición convencional, caracterizada por una inclinación del tronco de 75 grados y las manos apoyadas en el manillar. El análisis de gases expirados se llevó a cabo con el analizador Jaeger Oxycon Pro (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Alemania), y la frecuencia cardíaca se monitorizó con un cardiotacómetro marca Polar 810 (Polar Electro, Finlandia). Para el análisis de lactato se utilizó el analizador YSI 1500® Sport (Yellow Springs Instruments Co., Yellow Springs, Ohio, USA). Todas las pruebas se realizaron en un intervalo de tiempo inferior a dos semanas.

La prueba fue considerada máxima cuando se observaba un aplanamiento del  $VO_2$  a pesar de un aumento de la carga, se alcanzaba un cociente respiratorio superior a 1,1 y se alcanzaba o superaba la frecuencia cardíaca máxima teórica<sup>40</sup>.

Mediante la punción en el pulpejo del dedo se extrajeron muestras de sangre capilar para análisis de lactato en reposo y durante los minutos 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 y 20 correspondientes a la fase de recuperación. Se considera reserva láctica el concepto de máxima producción de lactato en cualquier momento de la prueba menos el valor de reposo ( $Lh_{máx} - Lh_{reposo}$ ).

Para el análisis de la recuperación cardíaca (ecuación 1) y ventilatoria (ecuación 2) se utilizaron las ecuaciones presentadas previamente en los trabajos de Calderón et al<sup>23</sup> y Benito<sup>41</sup>.

Ecuación 1:

$$IR_{Fc} = \frac{(Fc_{máx, alcanzada}) - Fc_{1'2'3'4'5'10'15'20'}}{Fc_{máx, alcanzada} - Fc_{reposo}} \cdot 100 = \% \text{ de recuperación}$$

Donde  $IR_{Fc}$  es el índice de recuperación de la frecuencia cardíaca,  $Fc_{máx, alcanzada}$  es la frecuencia cardíaca máxima alcanzada durante la prueba,  $Fc_{1'2'3'4'5'10'15'20'}$  es la frecuencia cardíaca post-ejercicio en cada minuto de medida y  $Fc_{reposo}$  es la frecuencia cardíaca de reposo.

Ecuación 2:

$$IR_{VE} = \frac{(V_{E\text{ máx}} \text{ alcanzada}) - V_{E1'2'3'4'5'10'15'20'}}{V_{E\text{ máx}} \text{ alcanzada} - V_{E\text{ reposo}}} \cdot 100 = \% \text{ de recuperación}$$

En la que  $IR_{VE}$  es el índice de recuperación ventilatoria,  $V_{E\text{ máx}}$  alcanzada es la ventilación máxima alcanzada durante la prueba, la  $V_{E\text{ máx}}$  es la ventilación máxima, el  $V_{E1'2'3'4'5'10'15'20'}$  es la ventilación post-ejercicio en cada minuto de medida, y  $V_{E\text{ reposo}}$  es la ventilación de reposo del sujeto.

Debido a que estas ecuaciones son las únicas de las existentes en la literatura que comparan los datos de recuperación con la reserva de la misma variable, aplicamos el concepto a la recuperación láctica (ecuación 3).

Ecuación 3:

$$IR_{Lh} = \frac{Lh_{\text{ máx}} - Lh_{1'2'3'4'5'10'15'20'}}{Lh_{\text{ máx}} - Lh_{\text{ reposo}}} \cdot 100 = \% \text{ de recuperación de lactato}$$

Siendo  $IR_{Lh}$  el índice de recuperación láctica,  $Lh_{\text{ máx}}$ , la máxima concentración de lactato alcanzada en la prueba,  $Lh_x$ , los minutos donde se toma la muestra de lactato después de terminar la prueba, y  $Lh_{\text{ reposo}}$  el nivel de lactato en reposo previo a la prueba.

**Análisis estadístico**

El análisis de normalidad se realizó a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov. Un análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con dos factores intrasujeto (minutos 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 y  $IR_{FC}$ ,  $IR_{VE}$ ,  $IR_{Lh}$ ) se utilizó para establecer las diferencias entre los minutos y el tipo de recuperación. Se usó la prueba de la Traza de Pillai (TP) para indicar la asociación entre los factores "tipo de recuperación" y "momento". Como análisis *post hoc* se utilizó la prueba de Bonferroni.

Un tamaño de 32 sujetos permitió superar el 80% de la potencia estadística necesaria para un nivel de significación de  $\alpha < 0,05$ .

**Resultados**

En la tabla 2 se muestra la media y la desviación típica de la ventilación, la frecuencia cardiaca y la lactacidemia durante la recuperación, aplicando las fórmulas antes expuestas (ecuaciones 1, 2 y 3). Tal y como se puede ver, existen diferencias significativas en la recuperación de las diferentes variables estudiadas.

A los 5 minutos de recuperación, la ventilación se encontraba al 85,1 ( $\pm 4,6$ ) % de su reserva máxima ( $V_{E\text{ máx}} - V_{E\text{ reposo}}$ ), mientras que el corazón había recuperado el 65,7 ( $\pm 6,1$ ) % de la reserva cardiaca

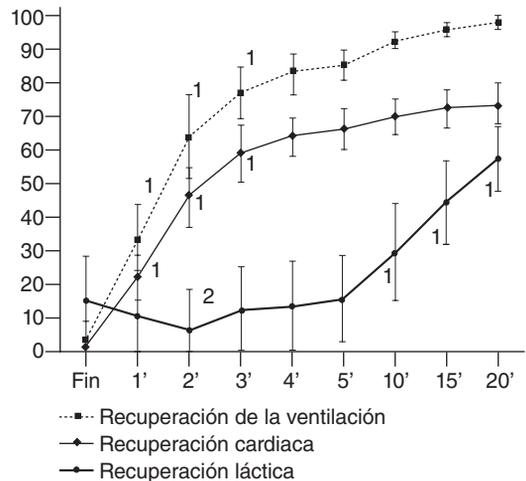
( $Fc_{\text{ máx}} - Fc_{\text{ reposo}}$ ) y la concentración láctica llegaba a valores del 15,4 ( $\pm 12,9$ ) % de la reserva láctica ( $Lh_{\text{ máx}} - Lh_{\text{ reposo}}$ ). Pasados 20 minutos, los sujetos mostraron una recuperación ventilatoria cercana al 100%, mientras que los valores de frecuencia cardiaca (73,3%), y sobre todo la concentración de lactato (57,6%), quedan todavía alejados de los valores de la línea de reposo.

En la figura 1 podemos ver gráficamente la evolución de las diferentes recuperaciones durante los 20 minutos post-ejercicio, comprobando cómo la Fc y el Lh quedan alejados respecto a la ventilación y necesitan mayor tiempo de recuperación para llegar a los valores de base.

El valor obtenido en el ANOVA para medidas repetidas en la prueba de la TP indica una fuerte asociación entre los factores "tipo de recuperación" y "momento", con un valor de TP (16,174) = 1,492, con  $p < 0,001$ , lo que queda reflejado en la interacción del factor intersujeto e intrasujeto de la tabla 2 y figura 1, respectivamente.

La figura 2 (A, B y C) muestra la relación entre el  $VO_2$  post-ejercicio,  $VCO_2$  y el cociente respiratorio, destacando cómo a pesar de que los dos primeros descienden, solo el  $VCO_2$  llega a los niveles de reposo en los 20 minutos de recuperación, mientras que el  $VO_2$  tardará mucho más tiempo; consecuentemente el cociente respiratorio disminuye por debajo de los valores de reposo.

La figura 2 (D) también muestra cómo la frecuencia cardiaca sigue unos parámetros similares a los de la ventilación, destacando que después de 20 minutos de recuperación la Fc se encuentra todavía un promedio de 40 latidos por encima de los valores de reposo.



**Fig. 1.** Diferencias entre cada medición a partir del ANOVA de medidas repetidas. 1: existen diferencias con el momento anterior. 2: diferencias significativas con el momento anterior y posterior.  $p < 0,01$ .

**Tabla 2**

Recuperación en función de la reserva ventilatoria, cardiaca y láctica utilizando las fórmulas descritas en el apartado de métodos

	Final de prueba	1'	2'	3'	4'	5'	10'	15'	20'
<b>Recuperación de la ventilación</b>									
Media	2,4%	33,7%	64,2%	76,92%	82,5%	85,1%	92,6%	95,7%	97,8%
DE	2,9 %	9,8%	12,30%	7,43%	6,12%	4,56%	2,72%	2,14%	1,93%
<b>Recuperación cardiaca</b>									
Media	0,6%	22,1% <sup>a</sup>	46,0% <sup>a</sup>	58,7% <sup>a</sup>	63,7% <sup>a</sup>	65,7% <sup>a</sup>	69,8% <sup>a</sup>	72,2% <sup>a</sup>	73,3% <sup>a</sup>
DE	1,1%	6,9%	8,8%	8,6%	5,8%	6,1%	4,9%	5,7%	6,4%
<b>Recuperación láctica</b>									
Media	15,3% <sup>ab</sup>	10,4% <sup>ab</sup>	5,6% <sup>ab</sup>	12,4% <sup>ab</sup>	13,5% <sup>ab</sup>	15,4% <sup>ab</sup>	29,4% <sup>ab</sup>	44,3% <sup>ab</sup>	57,6% <sup>ab</sup>
DE	12,9%	12,5%	12,3%	12,6%	13%	12,9%	14,4%	12,4%	10%

N = 32. Los números indican el minuto de recuperación. <sup>a</sup>Diferencias significativas con la recuperación ventilatoria. <sup>b</sup>Diferencias significativas con la frecuencia cardiaca. DE: desviación estándar.

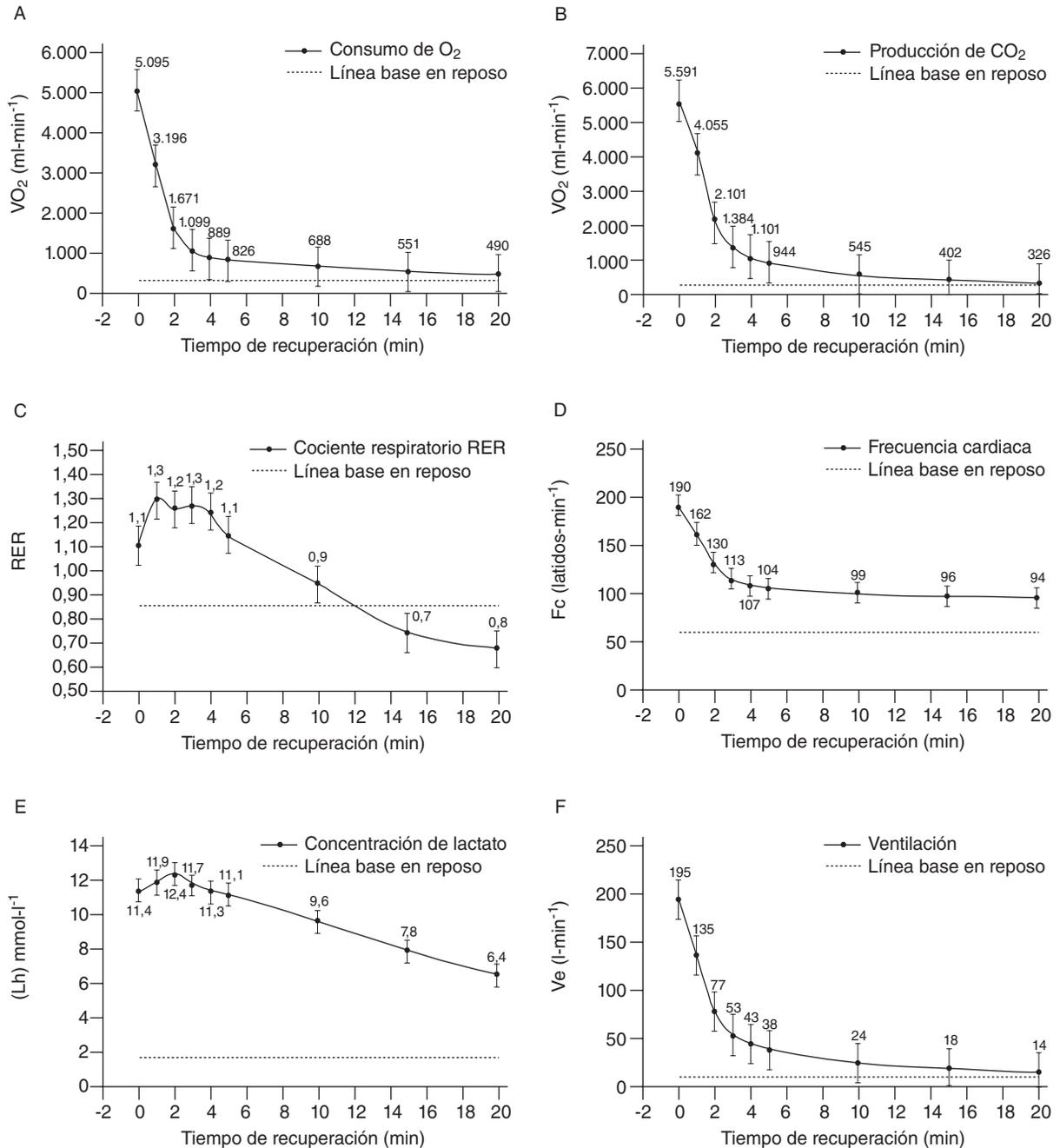
La respuesta de la concentración de lactato a los 20 minutos de recuperación muestra aún una concentración media de 6,4 ( $\pm$  1,2) mmol·l<sup>-1</sup>, lo que está claramente por encima de los niveles de reposo (fig. 2 E y F).

**Discusión**

Los resultados obtenidos en el presente estudio ponen de manifiesto que se produce una disociación entre la recuperación de los factores ventilatorios frente a los cardiacos y lácticos, los cuales permanecen aumentados una vez finalizados los 20 minutos de recuperación.

Existen estudios que comparan la relación entre el porcentaje de la reserva cardiaca y la reserva de VO<sub>2</sub><sup>42,43</sup>, pero no hemos encontrado datos previos sobre la comparación de la recuperación de estas tres variables en pacientes. Sin embargo, Calderón et al<sup>23</sup> analizaron la recuperación en los minutos 1 a 4 durante una prueba de esfuerzo similar a la nuestra, concordando con los resultados del presente trabajo.

Diferentes estudios científicos proponen la utilización de la recuperación cardiaca después de una prueba de esfuerzo como un potente indicador de enfermedad cardiovascular<sup>7,9,20,21,44</sup>. Por consiguiente, la utilización de la ecuación 1 podría ayudarnos a estudiar la evolución de



**Fig. 2.** Evolución de las diferentes variables analizadas a lo largo de la medición de la recuperación. A, B y C: VO<sub>2</sub> post-ejercicio, VCO<sub>2</sub> y el cociente respiratorio (RER) durante los 20 minutos post-ejercicio. D: la frecuencia cardiaca en los 20 minutos posteriores a una prueba incremental máxima no regresa a la situación de reposo. E: concentración de lactato en sangre capilar en la recuperación. F: ventilación durante los 20 minutos post-ejercicio.

la recuperación cardiaca, de manera lineal y porcentual, en un periodo de tiempo determinado.

Los resultados científicos relacionados con el estudio del  $VO_2$  post-ejercicio evidencian una similitud con los presentados en nuestro estudio<sup>30,34-37</sup>, comprobando cómo pasados 20 minutos de recuperación el  $VO_2$  post-ejercicio no llega a los límites basales<sup>34,36,37</sup>, aunque otros autores muestran una recuperación total cerca de los 15 minutos post-ejercicio<sup>35</sup>; esto podría ser explicado por la estrecha relación que existe entre la intensidad, la duración del ejercicio y la manifestación del  $VO_2$  post-ejercicio<sup>30,35</sup>.

En la tabla 2 se muestra cómo al finalizar la prueba los sujetos presentan un valor de recuperación láctica del  $15,3 \pm 12,9\%$ , que va disminuyendo progresivamente hasta el minuto 2 de post-ejercicio, y de nuevo comienza a ascender, finalizando en el  $57,6 \pm 10\%$  al final de los 20 minutos de recuperación. La concentración máxima de lactato no se alcanza justo al finalizar la prueba incremental; se comprueba cómo en los primeros minutos la recuperación láctica disminuye hasta un punto en el que empieza a aumentar de nuevo, aproximadamente en el minuto 2 de post-ejercicio. Esto puede ser debido a que el lactato tarda en difundir desde la fibra muscular hacia el líquido intersticial entre 2 a 5 minutos<sup>27</sup>. Este valor puede ayudar a interpretar el tiempo de difusión de este metabolito hacia el torrente sanguíneo<sup>27</sup>.

Se observó que los valores de recuperación láctica no llegaron a la línea de base, lo que puede ser debido a una recuperación incompleta de este parámetro, que explicaría que los ritmos de recuperación de los diferentes sistemas no son sincrónicos. Algunas investigaciones han mostrado una relación entre el aumento de la deuda de oxígeno y una recuperación láctica incompleta<sup>27,29,34</sup>.

En cuanto a la recuperación ventilatoria, no existen precedentes de la utilización de esta forma de observar la vuelta a la calma, en la que se puede comprobar cómo se obtienen al final de los 20 minutos unos valores prácticamente basales en concordancia con informes previos<sup>45</sup>. Sin embargo, otras investigaciones muestran que en la recuperación ventilatoria se produce un aplanamiento del volumen corriente mientras permanece elevada la frecuencia ventilatoria<sup>46</sup>.

Desde el punto de vista de la aplicación más directa, comprobamos que existe un heterocronismo en las vías de recuperación y por consiguiente en la manifestación de cada uno de los sistemas estudiados. Por lo tanto, en la evaluación posterior a una prueba de esfuerzo se debería tener en cuenta el desarrollo de los diferentes parámetros y la evolución de los mismos a lo largo del tiempo. Según los datos obtenidos, parece evidente que una recuperación de 20 minutos post-ejercicio es tiempo suficiente para la recuperación ventilatoria, pero no es así desde el punto de vista láctico y cardiaco, que deberán esperar más tiempo para obtener unos valores basales.

En nuestro estudio sobre las diferentes variables de recuperación tras una prueba de esfuerzo en jóvenes deportistas hubo varias limitaciones. En primer lugar, se llevó a cabo con una población exenta de patologías, con lo que los datos obtenidos en sujetos jóvenes deportistas son difícilmente extrapolables a sujetos que presentan algún tipo de riesgo cardiaco. Sin embargo, no existen precedentes en la utilización de esta ecuación para personas que sufren algún tipo de patología cardíaca, y podría ser interesante introducir este tipo de ecuaciones que nos permitan valorar el progreso y la evolución de diferentes parámetros relacionados con la salud. De hecho, algunos autores afirman que la recuperación de la frecuencia cardiaca podría estar asociada con la mejora de la recuperación funcional<sup>6,7</sup>. Por lo tanto, la utilización de estas fórmulas podría permitirnos conocer el porcentaje recuperado de las

variables analizadas con respecto a su propia reserva, ofreciendo al profesional un dato más significativo que el de la propia variable en litros, frecuencia cardiaca o milimoles. Aunque estos resultados deberían ser tomados con cautela, puesto que no conocemos un patrón de contraste válido de la recuperación, y por tanto las ecuaciones no han sido validadas previamente.

Como futuras líneas de investigación, sugerimos realizar un estudio epidemiológico y ampliar a otras y más numerosas muestras las ecuaciones aportadas por Calderón et al<sup>23</sup>, para comprobar si la recuperación de las diferentes variables puede ser utilizada como un marcador de riesgo cardiaco.

## Conclusión

En conclusión, el presente trabajo muestra que unas recuperaciones ventilatoria y cardiaca no son indicadoras de una recuperación bioquímica completa tras 20 minutos de reposo, y que los patrones de recuperación post-esfuerzo en los primeros 20 minutos de una prueba de esfuerzo máxima, en un grupo de deportistas jóvenes, son heterogéneos y asincrónicos respecto a los niveles ventilatorios, cardíacos y metabólicos.

## Bibliografía

1. Davila-Roman VG. Evaluating cardiac risk in noncardiac surgery. *Rev Esp Cardiol.* 2007;60(10):1005-9.
2. Schouten O, Bax JJ, Poldermans D. Coronary risk assessment in the management of patients undergoing noncardiac vascular surgery. *Rev Esp Cardiol.* 2007;60(10):1083-91.
3. Fleisher LA, Beckman JA, Brown KA, Calkins H, Chaikof E, Fleischmann KE, et al. ACC/AHA 2007 guidelines on perioperative cardiovascular evaluation and care for noncardiac surgery. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50(17):e159-241.
4. Arena R, Guazzi M, Myers J, Peberdy MA. Prognostic value of heart rate recovery in patients with heart failure. *Am Heart J.* 2006;151(4):851.e7-13.
5. Bilsel T, Terzi S, Akbulut T, Sayar N, Hobikoglu G, Yesilcimen K. Abnormal heart rate recovery immediately after cardiopulmonary exercise testing in heart failure patients. *Int Heart J.* 2006;47(3):431-40.
6. Fei DY, Arena R, Arrowood JA, Kraft KA. Relationship between arterial stiffness and heart rate recovery in apparently healthy adults. *Vasc Health Risk Manag.* 2005;1(1):85-9.
7. Legramante JM, Iellamo F, Massaro M, Sacco S, Galante A. Effects of residential exercise training on heart rate recovery in coronary artery patients. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007;292(1):H510-5.
8. Morshedi-Meibodi A, Larson MG, Levy D, O'Donnell CJ, Vasan RS. Heart rate recovery after treadmill exercise testing and risk of cardiovascular disease events (The Framingham Heart Study). *Am J Cardiol.* 2002;90(8):848-52.
9. Smith LL, Kukieli M, Billman GE. Heart rate recovery after exercise: a predictor of ventricular fibrillation susceptibility after myocardial infarction. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2005;288(4):H1763-9.
10. Streuber SD, Amsterdam EA, Stebbins CL. Heart rate recovery in heart failure patients after a 12-week cardiac rehabilitation program. *Am J Cardiol.* 2006;97(5):694-8.
11. Vivekanathan DP, Blackstone EH, Pothier CE, Lauer MS. Heart rate recovery after exercise is a predictor of mortality, independent of the angiographic severity of coronary disease. *J Am Coll Cardiol.* 2003;42(5):831-8.
12. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med.* 1999;341(18):1351-7.
13. Messenger-Rapport B, Pothier Snader CE, Blackstone EH, Yu D, Lauer MS. Value of exercise capacity and heart rate recovery in older people. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51(1):63-8.
14. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA.* 2000;284(11):1392-8.
15. Raymond LW. Vagal pas de deux: heart-lung interplay in postexercise heart rate recovery. *Chest.* 2004;125(4):1186-90.
16. Chacko KM, Bauer TA, Dale RA, Dixon JA, Schrier RW, Estacio RO. Heart rate recovery predicts mortality and cardiovascular events in patients with type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(2):288-95.

17. Dimopoulos S, Anastasiou-Nana M, Sakellariou D, Drakos S, Kapsimalakou S, Maroulidis G, et al. Effects of exercise rehabilitation program on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2006;13(1):67-73.
18. Hirsh DS, Vittorio TJ, Barbarash SL, Hudaihed A, Tseng CH, Arwady A, et al. Association of heart rate recovery and maximum oxygen consumption in patients with chronic congestive heart failure. *J Heart Lung Transplant*. 2006;25(8):942-5.
19. Huang PH, Leu HB, Chen JW, Lin SJ. Heart rate recovery after exercise and endothelial function—two important factors to predict cardiovascular events. *Prev Cardiol*. 2005;8(3):167-70; quiz 71.
20. Myers J, Hadley D, Oswald U, Bruner K, Kottman W, Hsu L, et al. Effects of exercise training on heart rate recovery in patients with chronic heart failure. *Am Heart J*. 2007;153(6):1056-63.
21. Myers J, Tan SY, Abella J, Aleti V, Froelicher VF. Comparison of the chronotropic response to exercise and heart rate recovery in predicting cardiovascular mortality. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2007;14(2):215-21.
22. Calderón FJ, Benito PJ, García A. Aplicación práctica de las pruebas de esfuerzo. *Selección*. 2002;11(4):202-9.
23. Calderón FJ, Brita JL, González C, Machota V. Estudio de la recuperación de la frecuencia cardíaca en deportistas de élite. *Selección*. 1997;6(3):101-5.
24. Calderón FJ, Brita JL, González C, Machota V. Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: Aeróbico, umbral y anaeróbico. *Apunts*. 1997;55(1):14-9.
25. Calderón FJ, González C, Segovia JC, López-Silvarrey J. Parámetros del modelo respiratorio durante una prueba de esfuerzo incremental. *Archivos de Medicina del Deporte*. 1997;XIV(58):97-103.
26. Monedero J, Donne B. Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med*. 2000;21(8):593-7.
27. Gmada N, Bouhlel E, Mrizak I, Debabi H, Ben Jabrallah M, Tabka Z, et al. Effect of combined active recovery from supramaximal exercise on blood lactate disappearance in trained and untrained man. *Int J Sports Med*. 2005;26(10):874-9.
28. Scott CB. Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. *J Strength Cond Res*. 2006;20(2):404-11.
29. Scott CB, Kemp RB. Direct and indirect calorimetry of lactate oxidation: implications for whole-body energy expenditure. *J Sports Sci*. 2005;23(1):15-9.
30. Borsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Med*. 2003;33(14):1037-60.
31. Thornton MK, Potteiger JA. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(4):715-22.
32. Binzen CA, Swan PD, Manore MM. Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(6):932-8.
33. Lee YS, Ha MS, Lee YJ. The effects of various intensities and durations of exercise with and without glucose in milk ingestion on postexercise oxygen consumption. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999;39(4):341-7.
34. Short KR, Sedlock DA. Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol*. 1997;83(1):153-9.
35. Dawson B, Straton S, Randall N. Oxygen consumption during recovery from prolonged submaximal cycling below the anaerobic threshold. *J Sports Med Phys Fitness*. 1996;36(2):77-84.
36. Quinn TJ, Vroman NB, Kertzer R. Postexercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26(7):908-13.
37. Maresh CM, Abraham A, De Souza MJ, Deschenes MR, Kraemer WJ, Armstrong LE, et al. Oxygen consumption following exercise of moderate intensity and duration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992;65(5):421-6.
38. Bahr R, Ingnes I, Vaage O, Sejersted OM, Newsholme EA. Effect of duration of exercise on excess postexercise O<sub>2</sub> consumption. *J Appl Physiol*. 1987;62(2):485-90.
39. WMA. Declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos. 2000 [cited 24/09/04]. Disponible en: <http://www.wma.net/s/policy/b3.htm>
40. Basset FA, Boulay MR. Specificity of treadmill and cycle ergometer tests in triathletes, runners and cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2000;81(3):214-21.
41. Benito PJ. Estudio del modelo respiratorio: Nuevo método de determinación de los umbrales ventilatorios. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid; 2004.
42. Swain DP, Leutholtz BC. Heart rate reserve is equivalent to %VO<sub>2</sub> reserve, not to %VO<sub>2</sub>max. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(3):410-4.
43. Swain DP, Leutholtz BC, King ME, Haas LA, Branch JD. Relationship between % heart rate reserve and % VO<sub>2</sub> reserve in treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(2):318-21.
44. Cheng YJ, Macera CA, Church TS, Blair SN. Heart rate reserve as a predictor of cardiovascular and all-cause mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(12):1873-8.
45. Welch HG, Faulkner JA, Barclay JK, Brooks GA. Ventilatory response during recovery from muscular work and its relation with O<sub>2</sub> debt. *Med Sci Sports*. 1970;2(1):15-9.
46. Clark JM, Hagerman FC, Gelfand R. Breathing patterns during submaximal and maximal exercise in elite oarsmen. *J Appl Physiol*. 1983;55(2):440-6.



Original

## Valoración nutricional y estudio alimentario de jóvenes practicantes de *fitness*

A.P. Granados<sup>a</sup> y V.C. Del Castillo<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Ciencias de la Salud. <sup>b</sup>Consejo de Investigación. Universidad Nacional de Salta. Salta. Argentina.

### Historia del artículo:

Recibido el 19 de marzo de 2009

Aceptado el 12 de julio de 2009

### Palabras clave:

Estado nutricional.

Estudio alimentario.

Jóvenes.

Fitness.

### Key words:

Nutritional status.

Nutrient study.

Young men.

Fitness.

### RESUMEN

**Objetivos.** Valorar el estado nutricional y determinar la ingesta de alimentos y las características de la alimentación de jóvenes practicantes de *fitness*.

**Métodos.** La muestra estuvo conformada por 113 jóvenes de sexo masculino (16-30 años). Se evaluó el índice de masa corporal (IMC) y para el estudio alimentario se usó una encuesta de frecuencia de consumo de alimentos.

**Resultados.** El 78,76% de los jóvenes encuestados presentó malnutrición por exceso, siendo el sobrepeso la forma predominante. Los grupos de alimentos más consumidos fueron: las carnes y huevos, los cereales y derivados y los lácteos. La mayoría de los individuos presentó alta frecuencia de realización de las 4 comidas y 2 colaciones. La adecuación de energía y nutrientes fue excesiva con respecto a las necesidades nutricionales medias de los individuos estudiados. La dieta resultó hipohidrocarbonada, hiperproteica, normograsa y de poca variedad.

**Conclusiones.** Existe una elevada frecuencia de errores y desequilibrios en la alimentación de los practicantes de *fitness* que puede afectar su estado nutricional y su rendimiento deportivo.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

#### Nutritional evaluation and nutrient study of young men who practice fitness activities

**Objectives.** The purpose of this research work was to evaluate and to determine the nutritional status and the food ingestion of young men who practice fitness activities.

**Methods.** The sample was made up of 113 young men who performed dumbbell training. Body Mass Index (BMI) was evaluated and nutritional status was determined through a survey on food consumption frequency.

**Results.** Of those surveyed, 78.76% had malnutrition due to excess, overweight being the prevalent form. The food groups consumed most were: meat and eggs, cereals and derivatives and dairy products. The majority of the individuals ate 4 main meals and 2 snacks. Energy and nutrient adjustments were excessive in relationship to the mean nutritional needs of the group studied. Their diet was low in carbohydrates, high in proteins, normal in fats and poor in variety.

**Conclusions.** There is a high frequency of nutrient errors and imbalances in the young men who practice fitness activities that may affect their nutritional state and sport's yield.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### Correspondencia:

V.C. del Castillo.

Consejo de Investigación.

Universidad Nacional de Salta.

Avda. Bolivia, 5150.

Salta. Argentina.

Correo electrónico: delcast@unsa.edu.ar

## Introducción

El rendimiento deportivo depende de diversos factores socioeconómicos, culturales, ambientales, personales, etc., entre los que podemos mencionar la genética, el entrenamiento y la alimentación. Esta última es un factor muy importante a la hora de lograr el éxito en un deporte, hasta tal punto que el tiempo de entrenamiento y preparación pueden verse malogrados por una alimentación incorrecta o por deshidratación<sup>1</sup>.

El *fitness* es una disciplina deportiva que tiende al mejoramiento de la figura corporal y a un estilo de vida saludable basándose en el entrenamiento con ejercicios de sobrecarga o pesas<sup>2</sup>. Entre los aficionados a esta modalidad deportiva es frecuente la tendencia a la sobrealimentación con el objetivo de conseguir una mayor masa muscular. Esta sobrealimentación se lleva a cabo normalmente agregando comidas, meriendas ricas en carbohidratos y/o consumiendo suplementos, con el fin de incrementar la ingesta calórica. Sin embargo, diferentes estudios han demostrado que sólo el 30-40% del peso incrementado es masa muscular, siendo la mayor parte de este incremento grasa, lo cual puede significar una alteración no deseable en la composición corporal para esta población deportiva<sup>3-5</sup>.

Este grupo de individuos presenta, además, características que incrementan el riesgo de hábitos alimentarios poco saludables, es el caso de la edad (estos deportistas suelen ser adolescentes y jóvenes adultos que adquieren con mayor rapidez determinadas conductas y creencias populares erróneas) y el impulso por obtener un cuerpo musculado y socialmente aceptable en un corto periodo de tiempo y sin demasiado esfuerzo.

Basado en estas evidencias, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el estado nutricional y las características alimentarias de jóvenes que practican *fitness* a fin de determinar si el aporte nutricional es acorde con sus necesidades y en qué errores de alimentación incurrían.

## Método

### Sujetos

El presente estudio fue de tipo observacional, descriptivo y transversal. La muestra estaba formada por 113 adolescentes y jóvenes de sexo masculino entre 16 y 30 años de edad que practicaron *fitness* de forma no profesional, pero con una frecuencia de 5 veces a la semana y una duración de entre 1 y 1 hora y media por sesión.

### Procedimientos

Para la determinación de peso y talla se utilizó una balanza de pie con tallímetro marca CAM siguiendo protocolos de la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>6</sup> y de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK)<sup>7</sup>; se calculó, además, el índice de masa corporal (peso/talla<sup>2</sup>)<sup>8</sup>.

### Estudio alimentario

Se confeccionó una encuesta de frecuencia de consumo cuali-cuantitativa tomando como referencia encuestas aplicadas en otros trabajos de investigación realizados por nuestro grupo<sup>9,10</sup>. Con el objeto de obtener la ingesta calórica y de nutrientes se convirtieron los tamaños de por-

ción de alimentos obtenidos en la encuesta, en cantidades equivalentes utilizando como referencia las tablas elaboradas por Herrera et al<sup>11</sup> y Viera de Batista et al<sup>12</sup>.

Se utilizó el *software* DIETPLAN para Windows<sup>13</sup> adicionando datos sobre la composición química de alimentos para los nutrientes vitaminas A, E, B<sub>12</sub>, magnesio y zinc, obtenidos de la Tabla de Composición Química del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)<sup>14</sup>.

Las necesidades de energía se calcularon teniendo en cuenta el metabolismo basal (FAO/OMS/UNU)<sup>15</sup>; el gasto energético en actividades hogareñas, ocupacionales, recreativas y deportivas según una tabla elaborada por Katch et al<sup>16</sup> considerando la frecuencia y duración de la sesión de entrenamiento; y el gasto por la realización de otras actividades (ocupacionales y discrecionales)<sup>15</sup>.

Para el cálculo del requerimiento de proteínas se tomó como referencia un valor de 1,2 g/kg/día, puesto que al ser jóvenes físicamente activos sus necesidades son mayores a las de individuos sedentarios<sup>17-22</sup>.

### Análisis estadístico

Se utilizaron medidas de tendencia central y de dispersión para las variables cuantitativas y porcentaje para las cualitativas.

La prueba de la t de Student, con un nivel de significación del 95%, se aplicó en el análisis de la ingesta de energía y nutrientes de la muestra estudiada respecto de las necesidades de este grupo de individuos; se utilizó la herramienta informática Graph Pad Prism 3.0<sup>23</sup>.

## Resultados

Del total de jóvenes encuestados, el 8% fueron adolescentes y el 92% restante fueron adultos jóvenes.

Con respecto al estado nutricional, el 21,24% de los individuos presentó un peso adecuado, el 61,06% se encontró en sobrepeso (IMC 25-29,99), el 17,70% de la muestra presentó obesidad grado I (IMC 30-34,99), y no se encontraron individuos con bajo peso. Así, el 78,76% de los jóvenes presentó malnutrición por exceso (61,06%), siendo el sobrepeso la forma predominante.

La estructura calórica de la dieta media consumida por los jóvenes estudiados estuvo distribuida, en orden decreciente, por los siguientes grupos de alimentos: a) grupo de las carnes y huevos, que aportaron cerca del 25% de las calorías del valor calórico total (VCT); b) cereales y derivados, incluido el pan, y c) frutas y verduras. Siguió en orden de importancia decreciente los lácteos, las grasas, las bebidas, los azúcares, etc. (fig. 1).

Con respecto a la frecuencia de consumo general por alimento, los lácteos (leche y queso), la clara de huevo, la carne de vaca, las frutas del grupo A y C (plátano), los cereales, el pan, los azúcares-dulces y las grasas-aceites fueron los alimentos con mayor porcentaje de frecuencia alta de consumo. Por su parte, el pollo, los vegetales de los grupos A, B y C, las legumbres y los fiambres en general exhibieron una frecuencia media de consumo, mientras que la yema de huevo, el pescado, las frutas deshidratadas y las vísceras mostraron el mayor porcentaje para el ítem "no consume" (tabla 1).

La mayoría de los jóvenes presentó una alta frecuencia de realización de las 4 comidas principales (desayuno, almuerzo, merienda y cena), y 2 colaciones (*snack*) (tabla 2).

Los entrevistados realizaban con mayor frecuencia 6-7 comidas al día (41,5%). Contrariamente, el 38,9% fraccionaba su alimentación en 4-5 comidas, el 16,8% lo hacía en 2-3, mientras que el 3,53% logró fraccionar su alimentación en 8-9 comidas (fig. 2).

En relación a la composición de la ingesta alimentaria, todos los nutrientes estudiados presentaron un consumo excesivo respecto a las necesidades nutricionales (tabla 3). La dieta resultó hipohidrocarbonada (los hidratos de carbono aportaron el 49,46% de las calorías totales), hiperproteica (22,67%) y normograsa (27,87%) con respecto a las recomendaciones de la FAO/OMS<sup>24</sup> para una dieta normal (el 55-60% para hidratos de carbono, el 15% para proteínas y el 25-30% para grasas) (fig. 3).

Además, se determinó la variedad de la alimentación, así como la cantidad de alimentos que conforman el 80% de la dieta. Esta estuvo conformada por entre 35 y 40 alimentos y la variedad fue escasa en el 98,2% de los jóvenes.

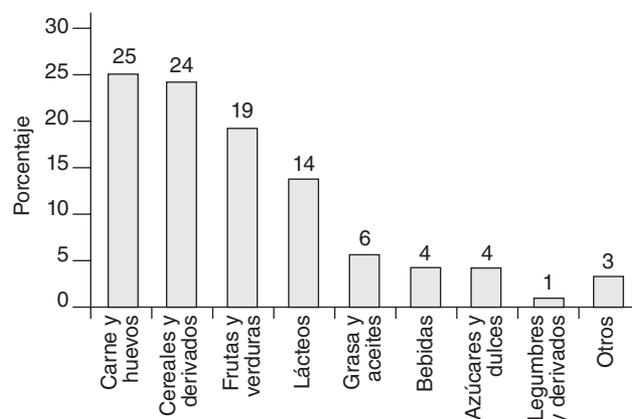


Fig. 1. Estructura calórica de la dieta por grupo de alimentos.

**Tabla 1**  
Frecuencia de consumo general por alimentos

Grupo de alimentos	Frecuencia de consumo							
	Alta*		Media		Baja		No consume	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
Leche	74	65,4	26	23	1	0,88	12	10,61
Queso	49	43,36	43	38,05	5	4,42	16	14,15
Huevo								
Entero	13	11,5	18	15,92	2	1,76	80	70,79
Clara	59	52,21	18	15,92	0	0	36	31,85
Yema	21	18,58	8	7,07	0	0	84	74,33
Carne								
Vaca	81	71,68	30	26,54	0	0	2	1,76
Pollo	37	32,74	70	61,94	2	1,76	4	3,5
Pescado	3	2,65	38	33,6	14	12,3	58	51,3
Vegetales								
A	29	25,86	83	73,45	0	0	1	0,88
B	14	12,38	89	78,66	4	3,5	6	5,30
C	26	23	82	72,56	3	2,65	2	1,76
Frutas								
A	54	47,78	32	28,31	4	3,5	23	20,35
B	43	38,05	56	49,55	7	6,19	7	6,19
C	71	62,83	25	22,12	2	1,76	15	13,27
Frutos secos	11	9,73	35	30,97	7	6,19	60	53,09
Frutas deshidratadas	2	1,76	14	12,38	8	7,07	89	78,76
Cereales	57	50,44	55	48,67	1	0,88	0	0
Pan	58	51,32	28	24,77	2	1,76	25	22,12
Legumbres	3	2,65	42	37,16	30	26,54	38	33,62
Fiambres y embutidos	10	8,84	58	51,32	13	11,50	32	28,31
Vísceras	1	0,88	19	16,81	20	17,63	73	64,60
Azúcares y dulces	68	60,17	14	12,38	1	0,88	30	26,54
Grasas y aceites	52	46,01	39	34,51	0	0	22	28,31

\*Frecuencia de consumo alta (ingesta del alimento entre 4 y 7 veces por semana), frecuencia media (1 a 3 veces por semana), frecuencia baja (1, 2 y 3 veces al mes).

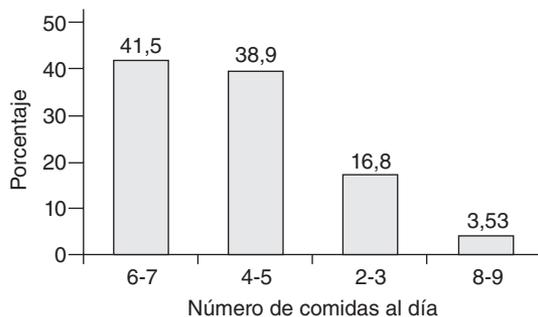
**Tabla 2**  
Frecuencia de realización de comidas principales y colaciones (*snack*)

Comidas	Frecuencia							
	Alta		Media		Baja		Nunca	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
Desayuno	91	80,53	10	8,84	7	6,19	5	4,42
Almuerzo	111	98,23	0	0	1	0,88	1	0,88
Merienda	92	81,41	5	4,42	8	7,07	8	7,07
Cena	102	90,26	4	3,53	3	2,65	4	3,53
1 colación	19	16,8	9	7,96	9	7,96	76	67,25
2 colaciones	43	38,05	6	5,30	0	0	64	56,63
3 colaciones	10	8,84	1	0,88	0	0	102	90,26
4 colaciones	9	7,96	3	2,65	0	0	101	89,38
5 colaciones	1	0,88	0	0	0	0	112	99,11

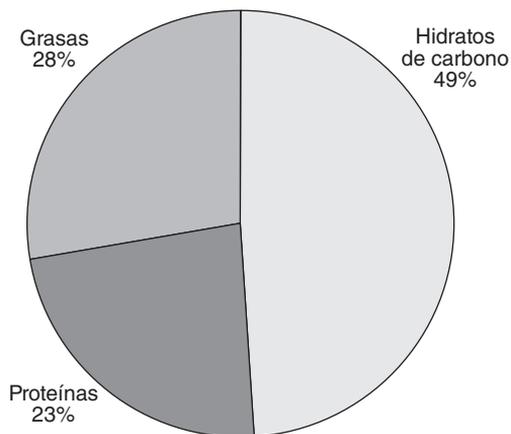
**Tabla 3**  
Necesidades e ingesta promedio de energía y nutrientes

Nutriente	Necesidades	Ingesta
	Media	Media $\pm$ DE
Energía	2.987 cal	4.125,83 $\pm$ 1.006,29 cal
Proteínas	1,2 g/kg/día	2,73 $\pm$ 0,77 g/kg/día
Magnesio	255 mg	734,43 $\pm$ 244,07 mg
Hierro	12,5 mg	32,20 $\pm$ 10,02 mg
Calcio	1.150 mg	2.010,78 $\pm$ 785,47 mg
Zinc	8,35 mg	37,25 $\pm$ 14,07 mg
Vitamina A	600 $\mu$ g	1.885,92 $\pm$ 1.203,96 $\mu$ g
Vitamina C	42,5 g	329,8 $\pm$ 171,56 mg
Vitamina E	10 mg	16,77 $\pm$ 8,94 $\mu$ g
Vitamina B <sub>12</sub>	2,4 mg	20,42 $\pm$ 15,05 $\mu$ g

DE: desviación estándar.



**Fig. 2.** Número de comidas diarias realizadas por los deportistas estudiados.



**Fig. 3.** Aporte calórico promedio de macronutrientes al valor calórico total.

## Discusión

Los resultados de este estudio revelan que los jóvenes que practican *fitness* incurren en algunos errores alimentarios que pueden perjudicar su actividad deportiva. El primero de ellos es la sobrealimentación, posiblemente como estrategia para conseguir una mayor masa corporal. La ingesta excesiva de nutrientes se acompañó de un incremento en la frecuencia diaria de consumo de alimentos (6-7 comidas/día), relacionándose, además, de forma directa con un elevado valor calórico total ingerido. Esta ingestión excesiva de calorías (un 138% en relación a las necesidades) podría explicar la elevada frecuencia de sobrepeso y obe-

sidad como formas frecuentes de malnutrición observadas en esta población.

Forbes et al investigaron, en jóvenes sanos, los efectos de tres semanas de sobrealimentación sobre la alteración en la composición corporal. Los resultados revelaron que la masa corporal aumentó en promedio 4,4 kg y que la masa muscular se incrementó en 1,7 kg, representando el 38% del aumento total de peso<sup>25</sup>. Estos datos indicarían que el uso de la estrategia de sobrealimentación para el aumento de la masa corporal provocaría un aumento de peso predominantemente basado en la masa grasa. Por otra parte, la ganancia extra de grasas en el cuerpo aumentaría la posibilidad de padecer, a largo plazo, enfermedades metabólicas<sup>4</sup>.

Otro de los errores alimentarios que presentó la población en el presente estudio fue el consumo excesivo de nutrientes. En esta línea, las proteínas tuvieron una ingesta promedio de 2,7 g/kg/día. Este tipo de ingestas se correspondió con la elevada frecuencia de ingesta de los grupos de alimentos fuentes de proteínas, como las carnes, los huevos y los lácteos. Resulta interesante considerar que la ingesta excesiva de proteínas ha sido relacionada con alteraciones como la deshidratación, una mayor excreción urinaria de calcio y una reducción en el rendimiento físico. Además, si el excesivo consumo de proteínas es acompañado de un aporte insuficiente de hidratos de carbono, las primeras podrían ser utilizadas por el organismo para proveer energía, lo que implica un mayor trabajo para determinados órganos y sistemas. Por otra parte, una vez que el organismo ha utilizado la proteína para sus funciones específicas convierte el exceso en grasa, que se acumula como energía de reserva<sup>4</sup>; este sería otro mecanismo que explicaría el exceso de peso del grupo estudiado.

La ingestión de los demás nutrientes también resultó excesiva, con porcentajes superiores a las necesidades; es el caso de la vitamina E (un 168% de las necesidades) y la vitamina B<sub>12</sub> (833% de las necesidades).

En este sentido, se ha observado que la megadosis de nutrientes (10 veces la recomendación) puede provocar daño tisular en diferentes órganos. Es el caso del zinc, cuya ingesta excesiva favorece la pérdida de proteínas por orina, afecta la absorción de cobre y produce un deterioro del sistema inmunitario. El hierro es tanto un nutriente esencial como un tóxico potencialmente dañino para las células. Tiende a acumularse en el hígado como hemosiderina, lo cual puede producir hemocromatosis; además es un prooxidante, que puede oxidar el colesterol ligado a lipoproteínas de baja densidad (LDL)<sup>26</sup>. Contrariamente, las vitaminas hidrosolubles no son nocivas para el organismo debido a que los excesos se eliminan por la orina. Sin embargo, las vitaminas liposolubles, en niveles superiores a la ingesta tolerable (NSIT), producen síntomas de toxicidad como náuseas, cefaleas, fatiga, daño hepático y del bazo y dolor articular para el caso de la vitamina A. El exceso de esta vitamina estimula la resorción ósea e inhibe la formación de hueso, lo que lleva a una pérdida ósea y contribuye a la osteoporosis.

Para la vitamina C los síntomas más comunes de toxicidad son diarreas y cálculos renales<sup>26</sup>.

Finalmente, otra característica destacable en la alimentación de este grupo fue la escasa variedad y la monotonía en la ingesta diaria, ya que se consumieron siempre los mismos grupos de alimentos (carnes, huevos y lácteos). Resultados similares fueron encontrados por Valussi<sup>27</sup> en un estudio realizado con fisicoculturistas, quienes reportaron que estos deportistas consumían una dieta basada casi exclusivamente en alimentos proteicos. Esto soporta la teoría de que aquellos individuos que entrenan fundamentalmente con trabajo de sobrecarga o pesas (como el *fitness*), suelen considerar que requieren mayor consumo de proteínas en su dieta, basándose en la relación que tienen estas con el desarrollo

de la masa muscular, y por ello eligen preferentemente aquellos alimentos que aportan estos nutrientes.

Los desequilibrios en la alimentación de los jóvenes que practican *fitness* pueden ser el punto de partida para la implementación de programas de educación alimentaria dirigidos a promover la ingesta adecuada de nutrientes, fomentar la consulta al profesional nutricionista y concienciar acerca de la importancia de una alimentación equilibrada en la cobertura de las necesidades nutricionales derivadas de la actividad física. Además, la realización de estudios similares en deportistas de distintas disciplinas serviría para encontrar similitudes o diferencias con los resultados hallados en el presente estudio.

### Agradecimientos

Las autoras de este trabajo desean mostrar su agradecimiento a la Mg. Gladis Marta Romero por su colaboración en el análisis estadístico del presente estudio y a la Profesora Graciela Saravia en la corrección del *Abstract*.

### Bibliografía

1. Onzari M. Fundamentos de Nutrición en el Deporte. 1.ª ed. Buenos Aires: Editorial El Ateneo; 2004.
2. Weider J. El Fitness, actividad número uno. Revista Muscle & Fitness. Madrid: Ed. Weider Publications Inc; 1999. Año XVII, N.º 197.
3. Anselmi H. ¿Qué es el fitness? [citado en junio de 2005]. Disponible en: <http://www.fuerzaypotencia.com.ar>
4. Williams M. Nutrición para la salud, condición física y deporte. 7ª ed. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana, delegación Iztapalapa; 2005.
5. Pujol y Amat P. Nutrición, salud y rendimiento deportivo. 2ª ed. Barcelona, España: Ed. Espaxs, S.A. Publicaciones médicas; 1991.
6. OMS, Serie de Informes técnicos. El estado físico, uso e interpretación de la antropometría. Informe de un comité de expertos de la OMS. Organización Mundial de la Salud. Ginebra; 1995.
7. Mazza JC. Mediciones Antropométricas. Estandarización de las técnicas de medición, actualizadas según parámetros internacionales. Actualización en Cs. del deporte. 1993;1(2):24-32.
8. Esparza Ros F, coordinador. Manual de Cineantropometría. Colección de Monografías de Medicina del Deporte. FEMEDE. España; 1993.
9. Soruco A. Ingesta alimentaria, perfil antropométrico e imagen corporal de jóvenes ingresantes a la carrera de Nutrición. Tesis de grado previa a la obtención del título de Licenciada en Nutrición. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Salta; 2003.
10. Leone C. Perfil Alimentario y Nutricional de jóvenes que realizan actividad física con sobrecarga en Gimnasios de la Ciudad de Salta. Tesis de grado previa a la obtención del título de Licenciada en Nutrición. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Salta. 2004.
11. Herrera A, Jiménez MJ. Tabla de Estandarización de pesos de alimentos en utensilios más frecuentes en la preparación de alimentos. Cátedra de Técnica Dietética. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Salta. 1998.
12. Viera de Batista M, Pinto G, Ovando S, Isely MB, Brandoni E, Garda R, et al. Estandarización de peso, volumen, medida, rendimiento, composición química, porciones de alimentos y preparaciones. N.º 99. Buenos Aires: Diaeta; 2002. p. 26-30.
13. Avanti Software. Dietplan para Windows. Disponible en: [www.nutrinfo.com.ar/pagina/progs](http://www.nutrinfo.com.ar/pagina/progs)
14. USDA [database on the Internet]. United State Department of Agriculture. Nutrient data Laboratory. National Nutrient Database for Standard reference. Release 17. Disponible en: [www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp)
15. FAO/OMS/UNU/. Necesidades de energía y proteínas. Informe de la reunión consultiva conjunta. Organización Mundial de la Salud. Ginebra; 1985.
16. Katch F, Katch V, McArdle W. Sport and exercise nutrition. 1.ª ed. Estados Unidos: Ed. Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
17. Lemon PW. Is increased dietary protein necessary or beneficial for individuals with a physically active lifestyle? Nutr Rev. 1996;54(4 Pt 2):S169-75.
18. Steen SN. Precontest strategies of a male bodybuilder. Int J Sport Nutr. 1991;1:69-78.
19. Fuller MF, Garlick PJ. Human amino acid requirements: Can the controversy be resolved? Annu Rev Nutr. 1994;14:217-41.
20. Waterlow JC. Whole-body protein turnover in humans-past, present, and future. Annu Rev Nutr. 1995;15:57-92.
21. Lemon PW, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. J Appl Physiol. 1992;73:767-75.
22. Lemon PW. Efecto del Ejercicio sobre el Metabolismo de las Proteínas. Resúmenes del Simposio Internacional de Nutrición e Hidratación Deportiva. Rosario, Santa Fe, Argentina; 1997.
23. GraphPad Software, Inc. GraphPad Prism V. 4.0. 2003.
24. FAO/OMS. Serie de Informes Técnicos 916. OMS. Ginebra, 2003.
25. Forbes GB, Brown MR, Welle SL, Underwood LE. Hormonal response to overfeeding. Am J Clin Nutr. 1989; 49:608-11.
26. Kreider RB. Suplementos alimenticios y la promoción del desarrollo muscular con ejercicio de fuerza-resistencia. Sports Medicine. 1999;27:97-110.
27. Valussi J. Fisicoculturismo y Nutrición. Tesis de grado previo a la obtención del título de Licenciado en Nutrición. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Salta; 1996.



# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2009;2(3):98-101

www.elsevier.es/ramd



## Revisión

# Personalidad resistente en deportes

J.C. Jaenes Sánchez

Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad Pablo Olavide de Sevilla. Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Andalucía. Sevilla, España.

### Historia del artículo:

Recibido el 27 de abril de 2009

Aceptado el 5 de julio de 2009

### Palabras clave:

Personalidad resistente.

Deporte.

Maratón.

Rendimiento deportivo.

Personalidad.

### Key words:

Hardy personality.

Sport.

Marathon.

Sport performance.

Personality.

## RESUMEN

La personalidad resistente (PR) es un concepto unitario que hace referencia a diversas características de personalidad relacionadas con las percepciones personales de control, compromiso y desafío (CCD). Este constructo ha sido muy estudiado en el campo del estrés, y su impacto, en contextos de salud y laborales; pero prácticamente ignorado en el ámbito deportivo. Sin embargo, entendemos que las características que incluye este constructo son muy interesantes para la práctica y el rendimiento deportivos. El propósito de esta revisión es dar a conocer las características de la PR de acuerdo a los diferentes estudios que se han realizado, uno de ellos con maratonianos adultos españoles, que aportan resultados pioneros que permiten dar a conocer que los niveles de CCD de estos deportistas son moderadamente altos y que ejercen un impacto importante tanto a nivel motivacional (metas propuestas y resultados esperados) como de rendimiento (marcas obtenidas), además de ser capaz de diferenciar entre maratonianos con mejores y peores marcas, lo cual nos ayuda a predecir el éxito de los mismos en función de sus características de PR; además, estos deportistas muestran mayores niveles de PR que jóvenes y adultos de la población general.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

## ABSTRACT

### Hardy personality in sports

Hardy personality (HP) is a unique concept regarding different personality characteristics related with personal beliefs on control, commitment and challenge (CCC). This construct has been widely studied in relation to stress and its impact in health- and work-settings, among others. Nonetheless, it has been overlooked within the sport's contexts. However, we understand that the characteristics included in such a construct are of great interest for the practice and performance of sport's activities. The main purpose of this review has been to establish the characteristics of HP of a group of Spanish adult marathon runners. This study, a pioneer one up to now, has obtained results that allow us to know that the levels of CCC beliefs of these athletes are moderately high, and that they have a significant impact both on motivational (established goals and expected outcomes) and performance (records obtained) aspects. They also can differentiate between marathon participants with the best and worse records, which helps us predict their success based on their HP characteristics. In addition, these athletes show higher levels of HP than the young and adult subjects of the general population.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### Correspondencia:

J.C. Jaenes Sánchez.

Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD).

Psicología de la Actividad Física y Deporte.

Departamento de Ciencias Sociales.

Universidad Pablo de Olavide.

Carretera de Utrera, km 1.

41013 Sevilla, España.

Correo electrónico: jcjaesan@upo.es

## Introducción

En Psicología del Deporte, como se hace en otras áreas de conocimiento, es importante buscar nuevos conceptos, nuevas líneas de trabajo de investigación que nos aporten mayor información sobre las interacciones y los fenómenos que pueden ayudar a evaluar, a entender mejor la conducta deportiva y cómo mejorar habilidades, características personales, etc., y un campo especialmente interesante que hace falta retomar es el de la personalidad, que ocupó hace muchos años el interés de los psicólogos especialistas en deporte. En los últimos trabajos publicados sobre personalidad resistente (PR)<sup>1,2</sup> se trabajó con una muestra de corredores y corredoras de maratón, dado que correr carreras de larga distancia: maratón o especialidades de montaña, desierto o largas travesías, atrae a cada vez un mayor número de participantes y es importante saber más de estas recientes especialidades en muchos casos, dado que se producen accidentes de diverso tipo y es reconocida su dureza por la comunidad científica<sup>3</sup>.

Además, como se puso de manifiesto en uno de los anteriormente mencionados trabajos, el maratón ha sido estudiado desde la Psicología del Deporte, en concreto se ha estudiado la ansiedad rasgo, la ansiedad estado (cognitiva y somática), la autoconfianza, la adicción al entrenamiento, los motivos y la motivación para entrenar, la fortaleza mental, la tolerancia al cansancio y al dolor<sup>4-14</sup>, incluso hay algunos estudios sobre aspectos cognitivos<sup>5</sup>, algunos de ellos en concreto se interesaban por lo que piensan los corredores mientras compiten<sup>10,13,14</sup>.

Entrenar cada día requiere *compromiso*<sup>9</sup>, dado que el entrenamiento puede resultar duro por su volumen e intensidad, las condiciones climáticas, la fatiga acumulada, lo que puede ser especialmente *desafiante*. Entendemos que es una especialidad deportiva que cumple los requisitos para poder hablar de PR. A veces, incluso, a pesar de la adicción que produce el entrenamiento<sup>6</sup>, el corredor debe ejercer una conducta de *control* si debe descansar o entrenar más suave a pesar de su tendencia a entrenar grandes volúmenes de kilómetros. Se puede convenir en que el maratón puede ser una prueba idónea para empezar una línea de investigación de la PR, que es un concepto novedoso en Psicología del Deporte<sup>15,16</sup>, dado que en inglés hay solo tres trabajos sobre deporte: en rugby<sup>17</sup>, en baloncesto<sup>18</sup> y en deportistas de élite con y sin discapacidades<sup>19</sup>, aunque sea un concepto que algunos autores han mencionado en sus trabajos en el contexto deportivo<sup>4,8,20</sup>.

## Personalidad resistente

La PR se ha estudiado profundamente en el ámbito de la salud y tenemos una revisión en castellano que aborda este campo<sup>21</sup>, pero además de en salud también se estudió en otros campos desde los años setenta, tras observarse que en trabajos, ambientes y situaciones estresantes algunas personas son resistentes y se mantienen, mientras otras enferman u optan por el abandono. La PR es un constructo unitario, un conjunto de características de la personalidad (actitudes, creencias, tendencias conductuales) que se muestra como un importante recurso de resistencia frente a situaciones estresantes<sup>22-24</sup>, que ayuda a manejar las circunstancias estresantes, convirtiéndolas en situaciones de desarrollo y crecimiento personal en lugar de en experiencias debilitantes, es pues, un recurso que se muestra muy eficaz en situaciones potencialmente estresantes<sup>24,25</sup>.

Este constructo psicológico unidimensional está formado por *compromiso*, *control* y *desafío* (CCD)<sup>1,2</sup>, una variable única formada por los

tres componentes que, unidos, dan lugar a la PR, a pesar de las controversias<sup>15,16,22,23,25-35</sup>.

*Compromiso*, más allá del concepto de Scanlan et al<sup>36-39</sup> o tal como lo recogen Sousa et al<sup>40</sup>, que va más en la línea de la motivación para la práctica deportiva, pero no está unida a la influencia de los otros dos componentes de la PR donde se refiere a la implicación del individuo con las personas y con las actividades en las que se interesa y participa. Ayuda a encontrar sentido a lo que se hace, a manejar sucesos estresantes, a no renunciar o darse por vencido fácilmente en situaciones de gran presión y en la toma de decisiones; es, sin duda, un primer paso de un afrontamiento eficaz<sup>25</sup>.

*Control* se refiere a la seguridad, la capacidad de manejo y la influencia personal sobre los acontecimientos y sus consecuencias, permite ser un agente pasivo, que facilita tener influencia sobre los hechos que nos ocurren y nos posibilita tomar decisiones acertadas.

*Desafío*, la vida como tal nos enfrenta a situaciones que son desde muchos aspectos difíciles, cambios que afectan a nuestra vida; el desafío hace posible ver estas circunstancias potencialmente difíciles como una oportunidad para crecer, para superarse, para adaptarse, lo que nos permite crecer personalmente; este componente haría a la persona más "flexible cognitivamente"<sup>25</sup>.

Si se pone la PR en el contexto deportivo se entiende que cobra todo el sentido, el deportista es una persona que debe comprometerse con la tarea diaria del entrenamiento, no sólo por él mismo, sino por su entrenador, su club o las personas y situaciones que le rodean; igualmente las diferentes situaciones ante las cuales el deporte nos pone hace que debamos ejercer control y poder tomar decisiones, y, por último, no hay nada más deportivo que tomar las situaciones adversas como una oportunidad para crecer, para enfrentarse a ellas y no huir de la confrontación: lesiones, no ser titular, no estar en forma, pérdidas de motivación, competiciones y competidores en las que hay y contra los que hay que enfrentarse, etc.

## Medida de la personalidad resistente en el deporte

Un trabajo de investigación<sup>41</sup> realizó el proceso de adaptación y validación de un instrumento para medir la PR; dicho instrumento se basó en el cuestionario *Personal Views Survey*<sup>42</sup>, que es la única medida validada en lengua y población española<sup>43</sup>.

La Escala de Personalidad Resistente en Maratonianos (EPRM)<sup>1,41</sup> se contesta en formato tipo Likert con 4 alternativas de respuesta, desde 0 = "totalmente en desacuerdo", a 3 = "totalmente de acuerdo", y la puntuación para cada subescala se obtiene sumando las respuestas directas y las inversas previamente invertidas; la investigación inicial se hizo con una muestra de 189 maratonianos que tomaron parte en el XXII Maratón Ciudad de Sevilla.

El instrumento resulta válido y fiable, aunque mejorable, con una consistencia interna (coeficiente de Cronbach) para la Escala Completa [EC] de 0,79, de 0,71 para *Compromiso*, de 0,59 para *Control* y de 0,42 para *Desafío*, que aun siendo moderados son aceptables. La validez de constructo de la escala se analizó realizando un análisis de la estructura factorial de la escala (validez factorial). Las medidas de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (0,74), el contraste de esfericidad de Bartlett ( $p < 0,000$ ) y el determinante de la matriz de correlaciones (próximo a 0) señalan que se alcanzan los requisitos fundamentales para realizar el análisis factorial. Se realizaron pruebas Varimax y Oblimin y diferentes soluciones factoriales (número de factores). Si se com-

para los resultados que se obtuvieron con los alcanzados con otros instrumentos de evaluación de la PR en deportistas, son superiores a los obtenidos por Penna et al<sup>19</sup> con deportistas discapacitados (consistencia interna de 0,75) o los de Maddi y Hess<sup>18</sup> en deporte escolar, concretamente en baloncesto (valores de fiabilidad de  $\alpha = 0,87$  para la escala total y de  $\alpha = 0,77, 0,83$  y  $0,81$  para Compromiso, Control y Desafío).

### Personalidad resistente y otros estudios en deporte

En castellano y hasta la fecha sólo se han encontrado tres trabajos en el ámbito deportivo previos a los estudios de maratón<sup>1,2,41</sup>, y en inglés también son escasos: Maddi y Hess<sup>18</sup> encontraron una relación positiva entre la PR y el rendimiento en baloncesto; dicha capacidad de predicción de éxito deportivo también fue encontrada por Jaenes et al<sup>1</sup>. Golby y Sheard<sup>17</sup> investigaron si el estilo de personalidad y las habilidades mentales podían predecir el éxito de jugadores de *rugby* en los diferentes tipos de ligas (Internacionales, SuperLiga y Primera División); efectivamente los resultados mostraron que los que jugaban en ligas superiores presentaban diferencias significativas en CCD en comparación con los jugadores de la SuperLiga y de la Primera División. Penna et al<sup>19</sup> estudiaron atletas de élite con discapacidades y atletas sin discapacidades. Los resultados no indicaron diferencias significativas entre los atletas con y sin discapacidades, ni entre los que presentaban discapacidades desde su nacimiento o como resultado de accidentes; su conclusión fue que ambos tipos de atletas requieren una constante adaptación a las adversidades, lo cual puede explicar la similitud de los resultados.

En el maratón, si bien sería interesante replicar este estudio con maratonianos de élite, sólo se ha investigado con corredores populares; como datos importantes se ha encontrado que en los atletas que puntuaban más alto las marcas son siempre mejores ( $p < 0,05$ ) y eran los que esperaban hacer mejor marca ( $p < 0,05$ ). Hay diferencias estadísticamente significativas entre estos y la población no deportista estudiada por Godoy-Izquierdo y Godoy<sup>43</sup>; se encontraron diferencias significativas a favor de los corredores en la EC ( $p = 0,024$ ) y Compromiso ( $p = 0,033$ ), si bien en control ( $p = 0,094$ ) era mayor en los corredores, sin diferencias significativas, aunque próxima a la significación. Sólo en desafío ( $p = 0,927$ , no significativo) los maratonianos tenían menores puntuaciones que los universitarios.

### Conclusiones y líneas futuras

Como conclusiones de esta revisión cabe destacar que la PR se ha mostrado eficaz para estudiar poblaciones que practican deporte; tenemos ahora un instrumento válido y fiable para medir la PR. Destacamos especialmente que se tienen ya los primeros resultados en población deportiva española, el instrumento de medida muestra capacidad para discriminar entre corredores que hacen mejores y peores marcas ( $p < 0,05$ ), lo que podría sugerir que la PR ejercería un impacto decisivo en los aspectos motivacionales de la conducta del deportista (marca esperada), que son los que están completamente bajo el control de este. A su vez, las metas que el deportista se propone determinarán en cierto modo su rendimiento posterior (marcas obtenidas). Los resultados parecen indicar que una meta (marca esperada) realista, elevada y optimista tiende a asociarse con una buena marca conseguida (última marca), de forma que se puede concluir que la PR se relaciona con la persecución y obtención de objetivos de rendimiento que resultan favo-

rables para la carrera deportiva del maratoniano, algo explicado en la propia definición de PR. El único estudio conocido que se aproxima a esta reflexión, relacionando el éxito deportivo y la PR, es el estudio de Maddi y Hess<sup>18</sup>, en el que se concluye que hay una relación positiva entre PR y la actuación exitosa en el baloncesto.

En la comparación de los resultados de los maratonianos con la población general española se observa que los valores de EC en los maratonianos son ligeros pero significativamente superiores (PR = 67,40) a los de los universitarios (PR = 64,70) ( $p < 0,05$ ), siendo también significativamente más altos en Compromiso (70,32 frente a 66,33) ( $p < 0,05$ ) y próximo a la significación en Control (70,25 frente a 67,84) ( $p = 0,094$ ); los resultados son muy similares en los dos grupos para la dimensión desafío, aunque los maratonianos han obtenido niveles levemente inferiores (61,60 frente a 61,73, no significativo).

Como líneas futuras, es importante completar un estudio que se está realizando con corredores del Maratón de Santiago de Chile 2009, para ver si se confirman estos datos y se pueden mejorar las propiedades psicométricas del cuestionario, así como trabajar con muestras de otros deportistas y deportes para ver cómo se comporta la PR en dichas especialidades; en esta línea ya se han iniciado trabajos en tenis, fútbol, *rugby*, gimnasia rítmica, remo y piragüismo.

### Bibliografía

1. Jaenes JC, Godoy-Izquierdo D, Román FM. Elaboración y validación psicométrica de la Escala de Personalidad Resistente en maratonianos. Cuadernos de Psicología. 2008;8(2):59-81.
2. Jaenes JC, Godoy-Izquierdo D, Román FM. Personalidad Resistente en maratonianos: un estudio sobre el control, compromiso y desafío en corredores y corredoras de maratón. Revista de Psicología del Deporte. 2009;18(2):217-34.
3. Plata F, Terrados N, Vera P, editores. El maratón. Aspectos técnicos y científicos. Madrid: Alianza Deporte; 1994.
4. Buceta JM, López de la Llave A, Pérez-Llantada MC, Pino MD. Intervención psicológica con corredores de maratón: características y valoración del programa aplicado en el maratón de Madrid. Revista de Psicología del Deporte. 2002;1:83-109.
5. Buceta JM, López de la Llave A, Pérez-Llantada MC, Pino MD, Vallejo M. Estado psicológico de los corredores populares de maratón en los días anteriores a la prueba. Psicothema. 2003;2:273-7.
6. Jaenes JC. Psicología del deporte y maratón. En: Plata F, Terrados N, Vera P, editores. El maratón. Aspectos técnicos y científicos. Madrid: Alianza Deporte; 1994. p. 277-312.
7. Jaenes JC. Estudio de la ansiedad-estado en corredores de la maratón de Sevilla. En: Pérez E, Caracuel JC, editores. Psicología del deporte. Investigación y aplicación. Málaga: IAD; 1996. p. 79-84.
8. Jaenes JC. Estado emocional y conducta deportiva: Ansiedad competitiva en corredores de maratón. Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Sevilla, España; 2000.
9. Jaenes JC. Entrenamiento psicológico para corredores de fondo y maratón. En: Márquez S, coordinador. Psicología de la Actividad Física y el Deporte: Una perspectiva Latina. León: Universidad de León; 2003. p. 343-8.
10. Jaenes JC, Caracuel JC. Maratón: preparación psicológica para el entrenamiento y la competición. Córdoba: Almuzara; 2005.
11. Jaenes JC, Caracuel JC, Pérez Gil JA. Adaptación española del test SCAT: un estudio en corredores españoles de maratón. Póster presentado en el VII Congreso Nacional de la Actividad Física y del Deporte. Murcia, España, octubre 1999.
12. Jaenes JC, Caracuel JC, Pérez Gil JA. Adaptación española del test CSAI-2: un estudio en corredores españoles de maratón. Póster presentado en el VII Congreso Nacional de la Actividad Física y del Deporte. Murcia, España, octubre 1999.
13. Morgan WP. The mind of the marathoners. Psychology Today. 1978;11:38-47.
14. Morgan WP, Pollock M. Psychological characteristics of the marathon runner. J Sports Med Phys Fitness. 1972;12:42-6.
15. Hanton S, Lynne E, Neil R. Hardiness and the competitive trait anxiety response. Anxiety Stress Coping. 2003;16:167-84.
16. Jones G. What is this thing called mental toughness? An investigation of elite sport performers. J Appl Sport Psychol. 2002;14:205-18.

17. Golby J, Sheard M. Mental toughness and hardiness at different levels of rugby league. *Personality and Individual Differences*. 2004;5:933-42.
18. Maddi SR, Hess MJ. Personality hardiness and success in basketball. *Int J Sport Psychol*. 1992;23:360-8.
19. Penna PG, Burden SA, Richards GE. Are elite athletes with disabilities mentally tougher than able-bodied competitors? Paper presented at the Proceedings of the Third International Biennial SELF Research Conference. Berlin, Alemania, julio 2004.
20. Olmedilla A. Factores psicológicos y lesiones en futbolistas. Un estudio correlacional. Murcia: Fundación Universitaria San Antonio; 2005.
21. Godoy-Izquierdo D, Godoy JF. La personalidad resistente: una revisión de la conceptualización e investigación sobre la dureza. *Clínica y Salud*. 2002; 13:135-62.
22. Kobasa SC. Stressful life events, personality, and health: an inquiry into hardiness. *J Pers Soc Psychol*. 1979;37:1-11.
23. Kobasa SC, Maddi SR, Kahn S. Hardiness and health: a prospective study. *J Pers Soc Psychol*. 1982;42:168-77.
24. Kobasa SC. Commitment and coping in stress resistance among lawyers. *J Pers Soc Psychol*. 1982;37:707-17.
25. Kobasa SC. Personality and resistance to illness. *Am J Community Psychol*. 1979;7:413-23.
26. Kobasa SC. Stress personality and health: A study of an overlooked possibility. Tesis Doctoral no publicada. University of Chicago, USA, 1977.
27. Kobasa SC, Maddi SR, Courington S. Personality and constitution as mediators in the stress-illness relationship. *J Health Soc Behav*. 1981;4:368-78.
28. Kobasa SC, Maddi SR, Puccetti MC. Personality and exercise as buffers in the stress-illness relationship. *J Behav Med*. 1982;5:391-404.
29. Funk SC, Houston BK. A critical analysis of the hardiness scale's validity and utility. *J Pers Soc Psychol*. 1987;3:572-8.
30. Hull JG, Van Treuren R, Virnelli S. Hardiness and health: a critique and alternative approach. *J Pers Soc Psychol*. 1987;3:518-30.
31. Williams PG, Wiebe DJ, Smith TW. Coping processes as mediators of the relationship between hardiness and health. *J Behav Med*. 1992;15:237-55.
32. Low JM. The concept of hardiness: a brief but critical commentary. *J Adv Nurs*. 1996;24:588-90.
33. Low JM. The concept of hardiness: persistent problems, persistent appeal. *Holist Nurs Pract*. 1999;13:20-4.
34. Lambert CE, Lambert VA. Psychological hardiness: state of the science. *Holist Nurs Pract*. 1999;13:11-9.
35. Sinclair R, Tetrick L. Implications of item wording for hardiness structure, relation with neuroticism and stress buffering. *J Res Pers*. 2000;34:1-25.
36. Scanlan TK, Carpenter PJ, Schmidt GW, Simons JP, Keeler B. An introduction to the Sport Commitment Model. *J Sport Exerc Psychol*. 1993;15:1-15.
37. Scanlan TK, Simons JP, Carpenter PJ, Schmidt GW, Keeler B. The Sport Commitment Model: Measurement development for the youth-sport domain. *J Sport Exerc Psychol*. 1993;15:16-38.
38. Scanlan TK, Russell DG, Willson NC, Scanlan LA. Project on elite commitment (PEAK): I. Introduction and Methodology. *J Sport Exerc Psychol*. 2003;25:360-76.
39. Scanlan TK, Russell DG, Beals KP, Scanlan LA. Project on elite commitment (PEAK): II. A direct test and expansion of the Sport Commitment Model with elite amateur sportsmen. *J Sport Exerc Psychol*. 2003;25:377-401.
40. Sousa C, Torregrosa M, Viladrich C, Villamarín F, Cruz J. The commitment of young soccer players. *Psicothema*. 2006;19(2):256-62.
41. Román FM. Elaboración y validación psicométrica de la Escala de Personalidad Resistente en maratonianos. Diploma de Estudios Avanzados no publicado. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide; 2007.
42. Hardiness Institute. Personal Views Survey. Arlington Heights, IL: Author; 1985.
43. Godoy-Izquierdo D, Godoy JF. Propiedades psicométricas de la versión española de la escala para la evaluación de la dureza. "Personal Views Survey" (P.V.S.). *Psicología Conductual*. 2004;1:34-77.



Estudio de caso

## Análisis biomecánico de la articulación de la muñeca en el paleo en kayak: modelo dinámico

C. López López<sup>a</sup> y J. Ribas Serna<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Centro Andaluz de Medicina del Deporte. <sup>b</sup>Departamento de Fisiología Médica y Biofísica. Facultad de Medicina. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

*Historia del artículo:*

Recibido el 29 de abril de 2009

Aceptado el 15 de julio de 2009

*Palabras clave:*

Paleo en kayak.

Flexión de muñeca.

Lesión.

*Key words:*

Kayaking.

Wrist flexion.

Injury.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio ha sido identificar las alteraciones en el movimiento de la articulación de la muñeca durante el paleo en kayak que pudieran producir lesiones estructurales locales o de la musculatura flexora del carpo. Se ha utilizado la técnica de fotogrametría vídeo tridimensional para obtener imágenes del paleo en kayak para el análisis cinemático del ángulo de flexión de la articulación de la muñeca y de la aceleración angular de la mano. Sobre esta base hemos propuesto un modelo dinámico capaz de discernir anomalías potencialmente lesivas para la mano durante el paleo en kayak. Las diferencias encontradas entre los movimientos realizados durante el paleo a babor y a estribor, muestran que la fuerza soportada por los tendones flexores en la fase acuática de un movimiento anómalo puede ser 3,4 veces superior a la de los tendones homólogos en la extremidad que realiza un movimiento patrón o de referencia. Esta flexión anómala de la articulación de la muñeca generó lesión tendinosa de repetición en el caso que se presenta. La técnica de medición del movimiento utilizada ha mostrado precisión diagnóstica suficiente para la detección de anomalías del movimiento capaces de provocar lesiones y por tanto puede ser usada preventivamente.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

#### **A biomechanical analysis of the wrist joint in kayak paddling: a dynamic model**

The aim of this study was to identify alterations in wrist joint movement during kayak paddling that may lead to local structural injuries or damage to the wrist flexor muscles. Kayak paddling scenes were filmed with a three-dimensional videography system and wrist flexion angle and hand angular acceleration were measured. Using this as a basis, a dynamical model was proposed that could distinguish potential mechanism of hand injury. Differences between starboard and port movements show that force supported by the flexor tendons during the aquatic phase in an abnormal movement can be 3.4 times greater than the force supported by the homologous tendons in the extremity that performs the reference movement. This abnormal flexion of the wrist joint produced overuse tendinopathy in our reported case. The movement measurement technique used has shown sufficient diagnostic precision to detect abnormal movements that may produce injury so that it can be used preventively.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

*Correspondencia:*

C. López López.

Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Glorieta Beatriz Manchón, s/n.

41092 Sevilla. España.

Correo electrónico:

covadonga.lopez@juntadeandalucia.es

**Introducción**

El piragüismo es un deporte acuático en el que cíclicamente se repiten movimientos y se aplican fuerzas, principalmente del tronco y extremidades superiores, en contra de la fuerza de resistencia ejercida por el agua sobre la embarcación (piragua). Un kayakista de alto nivel deportivo puede realizar, aproximadamente, unas 100.000-150.000 paladas por semana durante sus sesiones de entrenamiento, por lo tanto, un gesto incorrecto en una de las dos extremidades superiores puede repetirse entre 50.000-75.000 veces por semana y llevar al sujeto a una lesión por mal uso repetido. En efecto, un 25% de las lesiones que sufre un kayakista son por sobreuso, de las cuales un 44% son tendinitis<sup>1,2</sup>. De los casos analizados en nuestro laboratorio de biomecánica, destacamos aquí un análisis realizado con anterioridad a la aparición de una lesión tendinosa en un kayakista de élite. En este sujeto se detectaron anomalías y asimetrías en los movimientos de una de las extremidades que fue en la que, tiempo después, apareció la lesión, tendinitis del flexor común de los dedos. El propósito de este trabajo es mostrar la capacidad de la técnica de fotogrametría vídeo tridimensional para la identificación de alteraciones cinemáticas en la mano potencialmente lesivas en el paleo en kayak.

**Métodos**

**Sujeto**

Se presenta el caso clínico de un varón kayakista de alto nivel (edad: 24 años, altura: 185 cm, peso: 90 kg, porcentaje graso: 11,27%, índice de masa corporal [IMC]: 26,3 kg · m<sup>-2</sup>), que entrena con regularidad desde los 10 años de edad. En el año 2005, en el que el deportista se encontraba asintomático, realizó unas 28 horas de entrenamiento a la semana. En el año 2006 padeció una tendinitis en el flexor común de los dedos de su mano izquierda, que se agravó hasta el punto de no poder cerrar la mano, lo que impedía por tanto la actividad deportiva.

**Técnica de paleo en kayak**

La técnica del paleo en kayak muestra tres instantes críticos: la posición de base, el ataque y la extracción<sup>3</sup>; la primera corresponde a una fase aérea en la que la pala no contacta con el agua; las otras dos corresponden a la fase acuática, donde se aplican las fuerzas musculares (fig. 1). La aplicación desigual de estas fuerzas a babor y estribor de la embarcación produce desequilibrios en el plano horizontal y vertical que tienden a

desviar el rumbo de la embarcación y a forzar la biomecánica de la articulación de la muñeca. Así, todas las variables se definieron a izquierda y derecha del deportista (babor y estribor de la embarcación).

**Modelo biomecánico de la muñeca**

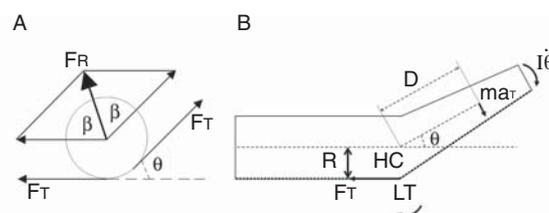
El túnel carpiano es un canal delimitado por los huesos del carpo y el ligamento transverso de la muñeca, a través del cual discurren los tendones flexores del carpo y los dedos. Cualquier desviación de la muñeca de su posición neutral provoca un rozamiento de los tendones contra las paredes del túnel carpiano, que si se realiza de forma repetitiva y/o forzada puede provocar trastornos tales como bursitis y tendinitis<sup>4</sup>. Se puede considerar que un tendón que se desliza sobre una superficie curva es análogo a una correa alrededor de una polea<sup>5</sup>, tal y como muestra la figura 2A. La fuerza resultante que ejercen los huesos del carpo y el ligamento transverso sobre los tendones flexores (F<sub>R</sub>) es proporcional a la fuerza ejercida por los mismos (F<sub>T</sub>) y el seno del ángulo medio (θ/2):

$$F_R = 2F_T \cos(\beta) = 2F_T \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \tag{1}$$

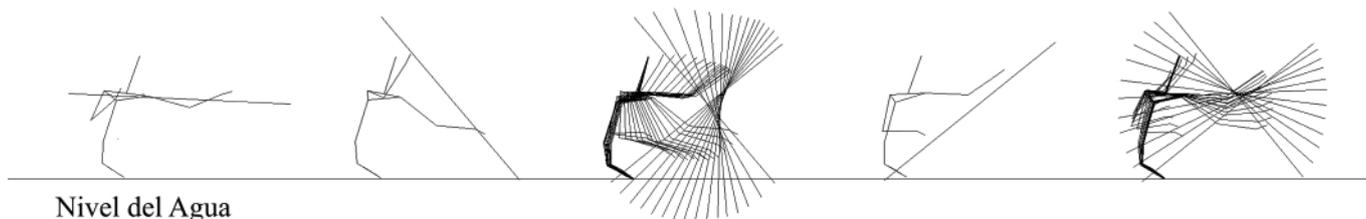
La ecuación fundamental de la dinámica de rotación dice que la aceleración angular de un objeto (α̈) es proporcional al momento de fuerza neto que actúa sobre él, siendo la constante de proporcionalidad, I, el momento de inercia<sup>6</sup>, esto es:

$$\vec{M} = I\vec{\alpha} \tag{2}$$

El momento de una fuerza (M̄) es la capacidad que esta posee para producir un movimiento de rotación en torno a un eje, y se define



**Fig. 2.** A. Modelo polea. B. Diagrama de fuerzas de la articulación de la muñeca. F<sub>R</sub>: fuerza resultante; F<sub>T</sub>: fuerza de los tendones flexores; ma<sub>T</sub>: fuerza inercial en el centro de masas de la mano; Iθ̈: momento angular de la mano; R: radio de curvatura de la articulación de la muñeca; D: distancia desde el centro de giro hasta el centro de masas de la mano; HC: huesos del carpo; LT: ligamento transverso.



**Fig. 1.** Fases de la palada: base, ataque, tracción acuática, extracción y fase aérea.

matemáticamente como el producto vectorial del vector  $\vec{r}$  (de origen en el eje de giro y de extremo el punto de aplicación de la fuerza) y la fuerza  $\vec{F}$ .

$$\vec{M} = \vec{r} \wedge \vec{F} \quad (3)$$

Aplicando las ecuaciones 2 y 3 al diagrama de cuerpo libre de la figura 2B se obtiene:

$$\vec{R} \wedge \vec{F}_T = \vec{D} \wedge \vec{F}_{CM} + I\ddot{\alpha} \quad (4)$$

Resolviendo la ecuación 4, se obtiene que  $F_r$  es directamente proporcional a la aceleración angular ( $\ddot{\theta}$ ), a través del cociente de parámetros inerciales ( $m, I$  –masa y momento de inercia de la mano–) y geométricos ( $R, D$  –radio de curvatura de la muñeca y distancia desde el radio de giro al centro de masas de la mano–).

$$F_r = \left( \frac{mD^2 + I}{R} \right) \ddot{\theta} \quad (5)$$

Finalmente, se puede concluir que la fuerza resultante depende del producto de la aceleración angular ( $\ddot{\theta}$ ) y del seno del ángulo medio ( $\theta/2$ ) a través de un cociente de parámetros inerciales y geométricos.

$$F_R = 2 \frac{mD^2 + I}{R} \ddot{\theta} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (6)$$

Considerando que dicho cociente es el mismo en ambas muñecas, se puede deducir que la razón entre la fuerza resultante soportada por los tendones de la muñeca izquierda en relación a la derecha es:

$$\frac{F_{RI}}{F_{RD}} = \frac{\ddot{\theta}_I \sin\left(\frac{\theta_I}{2}\right)}{\ddot{\theta}_D \sin\left(\frac{\theta_D}{2}\right)} \quad (7)$$

## Procedimientos

Se empleó un sistema de fotogrametría vídeo tridimensional (Kinescan©/IBV, Valencia, España) en el que el módulo de captura de imágenes consta de 4 cámaras de vídeo (CCTV Color, SSC-DC58AP, SONY), que filman a 25 fotogramas por segundo (fps). Las cámaras se encuentran colocadas a 3 m de altura, en las esquinas de una sala de 42 m<sup>2</sup> de superficie, enfocando al centro del laboratorio. La iluminación del mismo es artificial, así se dispuso de 4 antorchas, colocadas cada una al lado de una cámara.

La detección de movimiento se realizó mediante marcadores reflectantes de 25,4 mm de diámetro (MKR-25.4, B&L Engineering, California, Estados Unidos), que adheridos a la piel del deportista fueron captados por las cámaras de vídeo. Conociendo la posición de los marcadores a lo largo del tiempo, se puede describir el movimiento del punto donde se ha colocado.

La definición del volumen de análisis se llevó a cabo a partir de una jaula cúbica, de 2 m cada dimensión, desmontable y transportable, llamada celda de calibración (PRODUC-0421-KIN\_ACC Sist.Referencia 2x2x2, Kinescan©/IBV, Valencia, España). La teoría DLT (*direct linear transformation*)<sup>7,8</sup> desarrolla una metodología que permite definir un sistema de referencia general (SRG) a partir de la detección de al menos 6 puntos de control. Así, se colocó la celda de calibración en el centro de la sala de forma que se visualizaban 6 puntos de la misma con cada una

de las cámaras. Tras digitalizar la celda de calibración quedó definido el volumen de análisis.

El modelo de la extremidad superior del kayakista se describió a partir de 8 marcadores (4 en el miembro derecho y 4 en el izquierdo), que se colocaron en el troquíter humeral, la interlínea articular húmero-radial, la apófisis estiloides cubital y la epífisis distal del quinto metacarpiano. Así se definieron tres segmentos corporales: brazo (desde el troquíter humeral hasta la interlínea articular húmero-radial), antebrazo (desde la interlínea articular húmero-radial hasta la apófisis estiloides cubital) y mano (desde la apófisis estiloides cubital hasta la epífisis distal del quinto metacarpiano).

La filmación de la escena duró 60 segundos y se realizó a ritmo de competición. En ese tiempo se registró un número de paladas suficiente para realizar el análisis. Previamente el deportista realizó un calentamiento en el ergómetro (Kayak ergometer, Dansprint Aps, Hvidovre, Dinamarca), a intensidad submáxima, para aclimatarse al paleo en las condiciones del laboratorio. No se le dio ninguna recomendación relativa a la técnica deportiva.

La digitalización de las imágenes se realizó de forma automática, salvo el primer fotograma de cada cámara, que se digitalizó de forma manual. Consistió en adjudicar una clave de reconocimiento a cada uno de los marcadores en todos los fotogramas, a partir de la determinación de 4 parámetros: el nivel de umbralización, la excentricidad, el área mínima y máxima. Una vez obtenidas las imágenes digitalizadas se emplearon funciones *splines* de orden 5 como técnica de suavizado. El método de cálculo que se empleó fue el de Validación Cruzada Generalizada (*Generalized Cross-Validation* [GCV]). Con el fin de analizar la reproducibilidad del proceso de digitalización, se digitalizó 5 veces la escena y se exportaron las coordenadas tridimensionales a un fichero ASCII, añadiendo la información del número de fotograma y digitalización. Se realizó un ANOVA para cada coordenada de cada marcador con dos factores: número de fotograma y digitalización. Para cada combinación de número de fotograma, marcador y coordenada se obtuvo una media y desviación típica. El peso del error para cada coordenada del marcador se escogió como la máxima de las desviaciones típicas de entre todas las que se consiguieron según el número de fotograma, obteniéndose valores del orden de 10<sup>-3</sup>.

En la totalidad de las variables calculadas interesó no solo conocer cómo evolucionan a lo largo del tiempo, sino también sus valores exactos en los instantes de tiempo correspondientes a la fase acuática, en el ataque y en la extracción. Se desarrolló una herramienta informática que a partir de las variables obtenidas con Kinescan©/IBV permitió analizar dichas variables en los instantes de tiempo deseados. Tanto la programación del código como la interfaz gráfica se realizaron con Matlab 7.0<sup>9</sup>.

Las variables calculadas fueron el ángulo de flexión de la muñeca de estribor ( $AFD = \theta_p$ ) y de babor ( $AFI = \theta_l$ ) y la aceleración angular de la mano de estribor ( $AAD = \ddot{\theta}_p$ ) y de babor ( $AAI = \ddot{\theta}_l$ ). De forma indirecta, a partir de la ecuación 7 se calculó el cociente de fuerzas  $F_I/F_D$ .

## Análisis estadístico

Se calcularon las variables ángulo de flexión y aceleración angular en 57 fases acuáticas de estribor (AFD y AAD) y las variables ángulo de flexión y aceleración angular en 57 fases acuáticas de babor (AFI y AAI); resultaron aproximadamente 12 datos en cada fase. Para AFD y AAD se obtuvieron, respectivamente, 57 valores en el ataque, 57 valores en la extracción y 57 valores promedio  $\pm$  desviación estándar de la fase acuática de estribor. Lo mismo para AFI y AAI en la fase acuática de babor. Se

usó la "t" de Student para realizar las comparaciones de media (estribor frente a babor). El nivel de significación aceptado fue de  $p \leq 0,05$ . Todas las pruebas del análisis estadístico se realizaron utilizando el paquete SPSS (v.12).

## Resultados

La figura 3A muestra el valor del ángulo de flexión de muñeca promedio en cada una de las 114 fases acuáticas (57 de estribor y 57 de babor) registradas en el minuto de filmación. La figura 3B muestra el ángulo de flexión de la muñeca promedio total de los valores medios obtenidos en cada una de las fases acuáticas de estribor y babor.

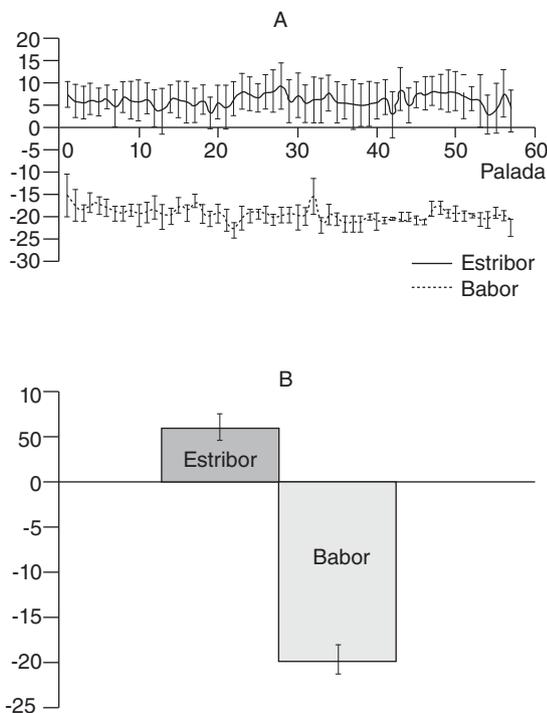
La tabla 1 muestra los valores del ángulo de flexión de la articulación de la muñeca ( $\theta$ ) y de la aceleración angular de la mano ( $\ddot{\theta}$ ) obtenidos

**Tabla 1**  
Resultados de las variables AF y AA en la fase acuática, en el ataque y la extracción

	Fase acuática	Ataque	Extracción
AFD ( $^{\circ}$ )	$6,0 \pm 1,5$	$12,6 \pm 1,7$	$1,3 \pm 2,0$
AFI ( $^{\circ}$ )	$-19,8 \pm 1,6^*$	$-16,7 \pm 2,4^*$	$-21,9 \pm 1,5^*$
AAD ( $\text{rad/s}^2$ )	$5,2 \pm 2,2$	$-12,0 \pm 2,5$	$29,8 \pm 6,6$
AAI ( $\text{rad/s}^2$ )	$5,4 \pm 1,2$	$5,6 \pm 2,8^*$	$25,9 \pm 4,8^*$
$F_l/F_d$	-3,4	0,6	-14,1

AA: aceleración angular; AAD: aceleración angular de la mano derecha; AAI: aceleración angular de la mano izquierda; AF: ángulo de flexión; AFD: ángulo de flexión de la muñeca derecha; AFI: ángulo de flexión de la muñeca izquierda;  $F_l/F_d$ : cociente de fuerzas en el lateral izquierdo y derecho.

\*Existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre babor y estribor.



**Fig. 3.** A. Flexión de la muñeca en cada una de las fases acuáticas de estribor y babor. Los valores se presentan como media y desviación estándar. B. Flexión de la muñeca promedio total de los valores medios obtenidos en cada una de las fases acuáticas de estribor y babor. Los valores se presentan como media y desviación estándar.

durante la fase acuática, el instante de ataque y el de extracción en el lateral de estribor y babor. Dichos valores son los promedios totales de las 57 fases.

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre AFD y AFI, tanto en la fase acuática como en el ataque y la extracción. No se encontraron diferencias significativas entre AAD y AAI en la fase acuática, pero sí en el ataque y la extracción.

La figura 4 es una representación polar de la aceleración angular de la mano durante la fase acuática de estribor y babor, obtenida como promedios instantáneos de las 57 fases.

La figura 5A muestra una vista lateral de los segmentos antebrazo y mano derechos durante la fase acuática de estribor más similar al promedio. La figura 5B muestra una vista lateral de los segmentos antebrazo y mano izquierdos durante la fase acuática de babor más similar al promedio.

## Discusión

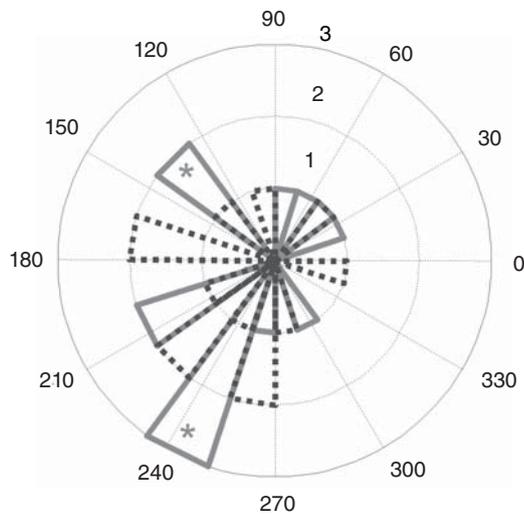
El presente estudio aporta información que puede resultar útil para la prevención de lesiones de sobreuso de la musculatura flexora del carpo y los dedos de la mano en kayakistas.

El cálculo indirecto del cociente de fuerzas  $F_l/F_d$  desvela que los tendones flexores de la muñeca izquierda durante la fase acuática están sometidos a una fuerza que en promedio es 3,4 veces superior que la que soportan los tendones flexores de la muñeca contralateral. En el instante de extracción se agudiza hasta ser 14,1 veces superior. Esta fuerza realizada contra el hipomoclio sobre el que gira el tendón puede originar tendinosis o calcificación del tendón.

Teniendo en cuenta que en una filmación de 60 segundos a ritmo de competición se han registrado 114 paladas, y haciendo una estimación grosera en la que suponemos una media de 28 horas semanales de entrenamiento en agua con una frecuencia de paleo de 60-90 paladas por minuto, obtenemos que el deportista realiza unas 100.800-151.200 paladas a la semana, la mitad con cada mano. Los resultados obtenidos muestran una alta repetibilidad en las variables angulares medidas, por lo que entendemos que se trata de un gesto asimilado y no de un movimiento ocasional. Por tanto, el deportista ha reproducido un promedio de 50.400-75.600 veces a la semana una técnica de paleo que suponía a su muñeca izquierda una tensión muy superior a la contralateral.

Se podría dudar de que la ejecución del movimiento se haya visto condicionada por el uso de kayakergómetro. Existen numerosos trabajos que lo consideran una herramienta válida para realizar una prueba de valoración fisiológica<sup>10-14</sup>. Sin embargo, tan sólo hemos encontrado un trabajo<sup>15</sup> que valore si existen distintas respuestas fisiológicas en un kayakista durante el paleo en ergómetro y en el agua, no encontrándose diferencias significativas en el consumo de oxígeno máximo y existiendo una gran correlación entre la distancia recorrida en el agua y la potencia desarrollada en el ergómetro. Así, los autores concluyen que el ergómetro simula las demandas fisiológicas a corto plazo de un entrenamiento de intensidad.

Por otro lado, únicamente se han encontrado dos estudios que comparen los parámetros cinemáticos de la técnica del paleo en un ergómetro y en agua<sup>16,17</sup>, llegando ambos a conclusiones dispares en cuanto al movimiento de la mano se refiere. Mientras que Caubet (1999) deduce que existe mayor desplazamiento vertical y horizontal de la mano en el agua, Begon et al (2003) concluyen que no existe diferencia significativa. En ninguno de los dos trabajos se reflejan resultados en relación a la flexión de la articulación de la muñeca.



**Fig. 4.** Representación polar de la aceleración angular de la mano derecha –línea continua– e izquierda –línea discontinua–. \*Obsérvese que en 240 la mano derecha sobrepasa significativamente a la mano izquierda. Similarmente, en 135 vemos otra diferencia significativa.

El uso de ergómetros está ampliamente extendido entre la población de kayakistas, pues hacen posible el entrenamiento cuando las condiciones ambientales no acompañan, y además permiten al deportista observarse al mismo tiempo que palea, en aras de mejorar su técnica. Teniendo en cuenta que el deportista en estudio tiene experiencia en el entrenamiento en ergómetro, consideramos que de haber diferencias entre su paleo en ergómetro y en el agua estas serán mínimas.

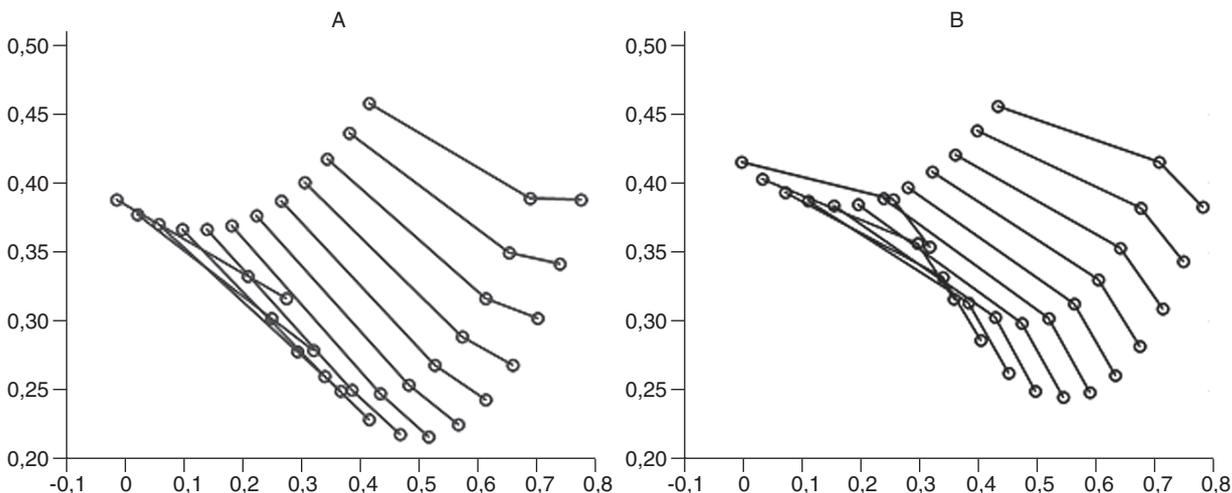
La asimetría en el ángulo de flexión de la muñeca queda reflejada en la figura 3A. Las barras de error verticales hacen referencia a la variación del ángulo de flexión de muñeca a lo largo de cada fase acuática, siendo mayores por el lateral de estribor. Esto se traduce en que mientras la muñeca derecha realiza la tracción de la pala con cierta flexión, la muñeca izquierda permanece con una flexión superior en promedio de  $13,8^\circ$  y sin apenas variación, tal y como se aprecia en la figura 5. La represen-

tación polar de la figura 4 refleja las diferencias encontradas en las variables AAD y AAI, aunque el valor promedio sea parecido. Al ser la filmación previa a la lesión, se descarta que las desemejanzas encontradas puedan deberse a la ejecución del movimiento con dolor.

En los kayakistas la presencia y magnitud de asimetrías lado a lado están inversamente correlacionadas con el nivel del deportista. En un estudio previo<sup>18</sup>, la comparación de un grupo de élite con otros dos grupos de nivel intermedio y de iniciación demostró la presencia de patrones más simétricos en los primeros. Por otro lado, hay evidencias de que existe relación entre la asimetría en la cinética de la palada (concretamente en los valores de la fuerza máxima y en el impulso generados a un lado y a otro) y la incidencia de lesión<sup>19</sup>. Por tanto, según esto, dado que el deportista en estudio es de alto nivel, debería haberse encontrado en él un movimiento simétrico. Como no ha sido así, pensamos entonces que en aquel momento el deportista ya presentaba la patología, aunque se encontrara asintomático, puesto que en los sujetos con patología y sin sintomatología se dan asimetrías al realizar tareas de gran exigencia motora<sup>20</sup>.

Cabe plantearnos ahora el porqué de esa diferente biomecánica articular, si existe algún factor externo que haya podido condicionar tal patrón de movimiento lesivo, como pudiera ser el diseño de la pala. Hasta los años ochenta, la hoja de la pala era plana, pues se consideraba que la propulsión de la embarcación se producía sólo por las fuerzas aplicadas en dirección anteroposterior. A partir de esa fecha aparece la pala *wing*, cuya hoja no es plana, sino curva, lo que supone una ventaja mecánica que se puede explicar a partir del efecto Bernoulli, según el cual en el caso de que un fluido siga un curso horizontal un aumento de la velocidad del flujo implica que la presión estática decrecerá. Como la sección de la hoja tiene forma de ala, el flujo es más rápido por la superficie exterior, produciéndose una diferencia de presión que permite aplicar una mayor fuerza propulsiva<sup>21,22</sup>.

Además, las dos hojas de la pala están giradas entre sí para disminuir la resistencia al avance de la hoja que se encuentra en el aire. Sin embargo, esto implica una flexión adicional de la muñeca derecha cuando se encuentra en el aire para conseguir que la pala entre en el agua con un ángulo de ataque adecuado. Dado que nuestro deportista en estudio presenta la lesión en su mano izquierda, se descarta que la torsión entre las hojas de la pala haya sido un factor condicionante.



**Fig. 5.** A. Vista lateral de los segmentos antebrazo y mano derechos durante la fase acuática de estribor más similar al promedio. B. Vista lateral de los segmentos antebrazo y mano izquierdos durante la fase acuática de estribor más similar al promedio.

En conclusión, los resultados del presente trabajo demuestran que las variables ángulo de flexión de la muñeca y aceleración angular de la mano son determinantes en la valoración de la fuerza que soportan los tendones que atraviesan el túnel carpiano. Las diferencias relevantes entre la cinemática de las extremidades superiores medidas con fotogrametría vídeo tridimensional permiten predecir la aparición de lesiones, como se ha demostrado en el caso del sujeto estudiado.

## Bibliografía

1. Fiore DC, Houston JD. Injuries in whitewater kayaking. *Br J Sports Med.* 2001;35(4):235-41.
2. Schoen RG, Stano MJ. Year 2000 whitewater injury survey. *Wilderness Environ Med.* 2002;13(2):119-24.
3. Sánchez JL, Magaz S. La Técnica. En: Piragüismo (I). Madrid: Comité Olímpico Español; 1993. p. 102-386.
4. Armstrong TJ, Chaffin DB. An investigation of the relationship between displacements of the finger and wrist joints and the extrinsic finger flexor tendons. *J Biomech.* 1978;11(3):119-28.
5. Armstrong TJ, Chaffin DB. Some biomechanical aspects of the carpal tunnel. *J Biomech.* 1979;12(7):567-70.
6. González CF. Mecánica del Sólido Rígido. Barcelona: Ariel; 2003.
7. Abdel-Aziz YI, Karara HM. Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. En: *Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry.* Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry; 1971. p.1-18.
8. Hatze H. High-precision three-dimensional photogrammetric calibration and object space reconstruction using a modified DLT-approach. *J Biomech.* 1988;21(7):533-8.
9. The MathWorks, Inc [sede Web]. Matlab Contents. Disponible en: <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/matlab.shtml>
10. Bishop D, Bonetti D, Dawson B. The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(6):1026-32.
11. Bishop D, Bonetti D, Dawson B. The influence of pacing strategy on VO<sub>2</sub> and supramaximal kayak performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(6):1041-7.
12. Fry RW, Morton AR. Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakers. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(11):1297-301.
13. Van Someren KA, Oliver JE. The efficacy of ergometer determined heart rates for flatwater kayak training. *Int J Sports Med.* 2002;23(1):28-32.
14. Bunc V, Heller J. Ventilatory threshold and work efficiency during exercise on cycle and paddling ergometers in young female kayakers. *Eur J Appl Physiol.* 1994;68(1):25-9.
15. Van Someren KA, Phillipis GRW, Palmer GS. Comparison of physiological responses to open water kayaking and kayak ergometry. *Int J Sports Med.* 2000;21(3):200-4.
16. Caubet J. Estudio comparativo de los parámetros cinemáticos de la técnica de paleo, en un ergómetro de piragüismo y en agua. *Apuntes. Medicina de l'esport.* 1999;131:5-10.
17. Begon M, Mancini F, Durand F, Lacouture P. Comparison of kayak stroke kinematics on ergometer and in situ. En: *Proceedings of the 18th Congress of the French Society of Biomechanics.* France: Archives of Physiology and Biochemistry; 2003. p. 18.
18. Sacchi M, Rodano R, Squadrone R, Veicsteinas A, Merati G, Marzegan A. Evaluation of kinematic left-right asymmetries in elite, intermediate and novice kayakers. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34 5 Suppl 1:s172.
19. Lovell G, Lauder M. Bilateral strength comparisons among injured and non-injured competitive flatwater kayakers. *J Sport Rehabil.* 2001;10(1):3-10.
20. Liikavainio T, Isolehto J, Helminen HJ, Perttunen J, Lepola V, Kiviranta I, et al. Loading and gait symmetry during level and stair walking in asymptomatic subjects with knee osteoarthritis: importance of quadriceps femoris in reducing impact force during heel strike? *Knee.* 2007;14(3):231-8.
21. Kendal SJ, Sanders RH. The technique of elite flatwater kayak paddlers using the wing paddle. *J Appl Biomech.* 1992;8(3):233-50.
22. Sanders RH, Kendal SJ. Quantifying lift and drag forces in flatwater kayaking. En: Rodano R, Ferrigno G, Santambrogio GC, editors. *Proceedings of the Xth International Symposium on Biomechanics in Sports.* Milano: Ediz. Ermes; 1992. p. 267-72.



## Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2009;2(3):108

www.elsevier.es/ramd



Nuestro punto de vista

### Límites o limitaciones en el rendimiento deportivo

Periódicamente en la comunidad deportiva se plantea un vivo debate sobre los límites del rendimiento deportivo, y cada vez que un gran evento deportivo (Olimpiadas, Campeonatos del Mundo...) nos proporciona la alegría de nuevos récords surge la polémica: ¿se podrán batir indefinidamente las marcas o existen límites al rendimiento deportivo?

La comunidad científica no es ajena a este debate aunque, evidentemente, los términos en los que se plantea la discusión son particulares. Si entendemos el rendimiento deportivo como la interacción de multitud de factores de muy diversa índole que influyen en los resultados deportivos, podríamos plantear la hipótesis de que si conseguimos que todos estos factores se desarrollen por completo en todos y cada uno de los deportistas que compiten, habríamos alcanzado el límite del rendimiento deportivo y serían imposibles nuevos récords. Diversos autores han trabajado en esta línea y han profetizado los tiempos que tardarían en batirse los diversos récords con éxito dispar.

No obstante, desde el ámbito de una revista especializada en Medicina del Deporte y con nuestra principal preocupación en la salud del de-

portista, el ámbito del debate científico creemos que debe ser otro y que no debe estar exento de componentes como la ética o la moral.

El deporte de alto rendimiento requiere una profesionalización cuyo objetivo principal no debería estar fijado sólo en la obtención de resultados deportivos espectaculares y sorprendentes, sino también, y aunque frecuentemente olvidado, en el cómo se han obtenido, a costa de qué y las consecuencias que traerá a largo plazo para el deportista la obtención de los mismos; deberían ser también considerados cuando se establecen los objetivos de la carrera profesional de un deportista.

Evidentemente existen límites para el rendimiento deportivo; los medios económicos, los materiales deportivos, las técnicas de entrenamiento, la medicina y ciencias aplicadas al deporte, todos tienen un margen de mejora que tarde o temprano se agotará. No obstante, otros límites al rendimiento deportivo, tales como la salud del deportista, no sólo no deberían de obviarse, sino que deberían ser día a día revisados para que la obtención de los récords no sea a costa de la salud del deportista.

*Comité Editorial Revista Andaluza de Medicina del Deporte*



# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2009;2(3)

www.elsevier.es/ramd



## Normas

# Normas de Publicación de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte

La Revista Andaluza de Medicina del Deporte es la publicación oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (órgano dependiente de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte, Junta de Andalucía). Su periodicidad es cuatrimestral.

### INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Se considerarán para publicación aquellos trabajos originales, enviados exclusivamente a la Revista Andaluza de Medicina del Deporte y que estén relacionados con las Ciencias del Deporte. El trabajo habrá de acompañarse, por tanto, de una carta en la que se exponga que no ha sido enviado, ni se está enviando, a otro medio para su publicación.

La revista incluye, de forma regular, artículos sobre investigación clínica o básica (originales), revisiones y cartas al editor.

Todas las contribuciones originales serán evaluadas antes de ser aceptadas por revisores expertos designados por los Editores, en un sistema anónimo de revisión por pares.

Los trabajos admitidos para publicación quedarán en propiedad del Centro Andaluz de Medicina del Deporte y su reproducción total o parcial deberá ser convenientemente autorizada. Para tal efecto, antes de la publicación en la revista, el autor(es) deberá(n) firmar y enviar un formulario de transferencia de copyright.

### ENVÍO DE LOS TRABAJOS (MANUSCRITOS)

Los trabajos deberán ser enviados exclusivamente por correo electrónico (e-mail) a la Revista Andaluza de Medicina del Deporte (ramd.ctcd@juntadeandalucia.es), acompañados de una carta de presentación dirigida al Editor Jefe en la que se solicite el examen del mismo para su publicación en la Revista, especificándose el tipo de artículo que envía (Original, Revisión, Artículos especiales, Estudio de casos o Carta al Editor). Igualmente, los autores habrán de confirmar que se trata de un trabajo original que no ha sido previamente publicado total o parcialmente, ni se está enviando para su publicación en otro medio.

**Idioma de la Publicación:** la Revista Andaluza de Medicina del Deporte publica trabajos en Español, Inglés y Portugués.

**Ética:** los autores firmantes de los artículos aceptan la responsabilidad definida por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas (ver www.icmje.org). Los trabajos que se envían a la Revista Andaluza de Medicina del Deporte para su evaluación deben haberse elaborado respetando las recomendaciones internacionales sobre investigación clínica y con animales de laboratorio (Declaración de Helsinki, revisada en 2004; ver www.wma.net). No se asumirá responsabilidad de nin-

gún tipo por parte de los editores de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte sobre daños o perjuicios causados a personas o equipos derivados del uso, ideas, procedimientos u operación de cualquier tipo realizados en el trabajo a ser publicado.

**Conflicto de intereses:** cuando exista alguna relación entre los autores de un artículo y cualquier entidad pública o privada, de la que pudiera derivarse algún potencial conflicto de intereses, esta circunstancia debe ser comunicada al Editor.

### PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Todos los manuscritos se adecuarán a las normas de publicación. Se entiende que el primer firmante de la publicación se responsabiliza de la normativa y que el resto de los autores conoce, participa y está de acuerdo con el contenido del manuscrito.

Es importante leer atentamente estas instrucciones, ya que los manuscritos que no las cumplan serán devueltos por la Coordinación Editorial antes de enviarlos a los revisores.

**Formato (presentación del documento):** Deberá ser un documento en formato electrónico, con el texto en Word y las figuras en formato JPG. Es necesario que esté numerado en el ángulo superior derecho y todos los márgenes han de tener una medida de 2,5 cm.

La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:

- Originales: máximo 6.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
- Revisiones: máximo 6.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el comité editorial de la revista.
- Artículos especiales: máximo 3.000 palabras, 3 figuras y 3 tablas.
- Estudio de casos: entre 1.500 y 2.000 palabras, 4 figuras y 4 tablas.
- Cartas al Editor: máximo de 1.000 palabras.

### Los manuscritos deben seguir la siguiente estructura general:

- Portada\*
- Resumen estructurado en español y palabras clave\*
- Resumen estructurado en inglés y palabras clave \*
- Texto
- Bibliografía
- Agradecimientos (opcional)
- Tablas (opcional)
- Figuras (opcional)

\* Si el idioma del manuscrito fuese portugués habrá de incluirse, igualmente, un resumen estructurado y palabras clave en los idiomas español e inglés.

**– Primera página (Portada):**

Figurarán exclusivamente y por este orden los siguientes datos:

Título del trabajo (español e inglés), “titulillo” (*running title*) que no ha de tener más de 60 caracteres, nombre y apellidos de los autores que deberán ir escritos en el siguiente orden:

Primer nombre, iniciales del segundo nombre si lo hubiese, seguido del apellido(s); centro de trabajo y dirección completa. Además, habrá que facilitar el e-mail del autor para la correspondencia.

**– Segunda página:**

Resumen del trabajo en español e inglés, que tendrá una extensión máxima de 250 palabras. El resumen ha de estructurarse en cuatro apartados: a) Objetivos; b) Método; c) Resultados, y d) Conclusiones.

Al final de cada resumen se especificarán de tres a diez palabras clave, en castellano e inglés, derivadas preferentemente del *Medical Subject Headings* (MeSH) de la *National Library of Medicine* (ver [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/me\\_shbrowser.cgi](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/me_shbrowser.cgi))

**– Texto: variará según la sección a que se destine:**

- a) Originales: constará de una Introducción, Método, Resultados y Discusión; caso los autores deseen realizar agradecimientos, éstos deberán figurar al final del texto.
- b) Revisiones: el texto se dividirá en todos aquellos apartados que el autor considere necesarios para una perfecta comprensión del tema tratado.
- c) Artículos especiales: son artículos que debido a su temática no pueden ser presentados como otro tipo de artículos; por lo tanto, el texto se dividirá en todos aquellos apartados que el autor considere necesario para la mejor comprensión del texto.
- d) Estudio de casos: el autor incluirá los apartados que considere necesarios para la total comprensión del tema tratado.
- e) Cartas al Editor: tendrán preferencia en esta sección la discusión de trabajos publicados en los dos últimos números con la aportación de opiniones y experiencias.
- f) Otras: secciones específicas por encargo del comité editorial de la revista.

**– Bibliografía:**

Las referencias han de numerarse de forma consecutiva según el orden de aparición en el texto. En el cuerpo del artículo constará siempre la numeración de la cita en número arábigo en supíndice, independientemente que vayan los nombres de los autores mencionados o no.

En los casos que se mencione el nombre de los autores, se seguirán las siguientes normas:

– De tratarse de un trabajo realizado por dos personas, mencionar a ambos.

*Ejemplo:* según Vaamonde y Oehninger<sup>1</sup> el ejercicio físico intenso puede causar ...

– De tratarse de más de dos autores, citar el primero seguido de la abreviatura “et al.”.

*Ejemplo:* según Vaamonde et al<sup>1</sup>. el ejercicio físico intenso puede causar ...

Las citas bibliográficas se expondrán siguiendo el modelo Vancouver (versión en castellano en [www.metodo.uab.es](http://www.metodo.uab.es))

*Ejemplo:*

Da Silva-Grigoletto ME, Gómez-Puerto JR, Viana-Montaner BH, Armas-Negrin JA, Ugrinowitsch C, García-Manso JM. Comportamiento de diferentes manifestaciones de la resistencia en el voleibol a lo largo de una temporada, en un equipo profesional. *Rev Andal Med Deporte*. 2008; 1(1):3-9.

Otros ejemplos de la bibliografía se pueden ver en [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)

**– Tablas:**

Se enviarán en un nuevo archivo, deberán ir numeradas, el título se indicará en la parte superior, y las abreviaturas descritas en la parte inferior. Las notas aclaratorias irán al pie y deberán estar ordenadas en números arábigos de acuerdo con su orden de aparición en el texto.

**– Figuras**

*Leyenda de las figuras*

Las leyendas (pies) de las figuras (incluyendo las abreviaturas utilizadas) se incluirán en el documento principal en una hoja aparte a continuación de las tablas.

*Figuras y otros materiales gráficos.*

Tanto las gráficas como las fotografías (fotos) son consideradas figuras.

Las figuras pueden confeccionarse con cualquier programa informático pero deben enviarse en formato jpg, con una calidad mínima de 300 dpi. Cada figura debe ir en una página. Las figuras serán en blanco y negro, aunque cuando esté justificado podrán aceptarse fotos en color. Además, se pide a los autores que envíen cada figura en un archivo aparte cuyo nombre será el número de la figura (por ejemplo: figura1.jpg).

La Coordinadora Editorial de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte comunicará la recepción de los trabajos enviados e informará sobre el resultado de aceptación y fecha posible de su publicación.

La Dirección de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.

Es conveniente que los autores acudan a un número reciente de la revista por si se produjese alguna modificación a las normas de publicación, y para que puedan acceder a un artículo publicado como ejemplo.

Actualizada en marzo de 2009.



# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2009;2(3)

www.elsevier.es/ramd



## Guidelines

# Publication Guidelines of the Revista Andaluza de Medicina del Deporte (Andalusian Journal of Sport's Medicine)

Medicine (organization dependent on the Tourism, Commerce and Sport's Council, Board of Andalusia). It is published every four months.

### INSTRUCTIONS FOR THE AUTHORS

Those original works, sent exclusively to the Revista Andaluza de Medicina del Deporte and that are related with the Sciences of Sports will be considered for publication. The work must therefore be accompanied by a letter that states that it has not been sent, or is being sent, to any other media for its publication.

The Journal regularly includes articles on clinical or basic (original) research, reviews and letters to the editor.

All original contributions will be evaluated by peer reviewers named by the Editors before they are accepted, in an anonymous type peer reviews system.

The works admitted for publication will remain as property of the Andalusian Center of Sport's Medicine and its total or partial reproduction must be adequately authorized. For such effect, the author(s) must sign and send a copyright transference form before its publication in the Journal.

### SENDING OF THE WORKS (MANUSCRIPTS)

The works should only be sent by E-mail to the Revista Andaluza de Medicina del Deporte (ramd.ctcd@juntadeandalucia.es), accompanied by a letter of presentation addressed to The Editor in Chief in which its examination for publication in the Journal is requested (Original, Review, Special Articles, Cases study or Letter to the Editor). Equally, the authors must confirm that it is an original work that has not been totally or partially published previously nor is being sent for its publication in another media.

**Language of the Publication:** Revista Andaluza de Medicina del Deporte publishes works in Spanish, English and Portuguese.

**Ethics:** The signing authors of the articles accept the responsibility defined by the International Committee of Medical Journals Publishers (see www.icmje.org). The works that are sent to the Revista Andaluza de Medicina del Deporte for evaluation should have been written respecting the international recommendations on clinical research and with laboratory animals (Declaration of Helsinki, reviewed in 2004; see www.wma.net). No responsibility of any type is assumed by the publishers of the Revista Andaluza de Medicina del Deporte on damages or harm caused to persons or equipment derived from the use, ideas, procedures or operation of any type conducted in the work to be published.

**Conflict of interests:** When there is any relationship between the authors of an article or any public or private company, from which any potential conflict of interest may be derived, this circumstance should be communicated to the Editor.

### PREPARATION OF THE MANUSCRIPT

All the manuscripts must be adapted to the publication guidelines. It is understood that the first signer of the publication will be responsible for the guidelines and that the remaining authors know, participate and agree with the content of the manuscript.

The instructions need to be read carefully since those manuscripts that do not comply with them will be returned by the Editorial Coordination before being sent to the reviewers.

**Format (document presentation):** The document must have an electronic format, with the text written in Word and the figures in JPG format. These must be numbered in the upper right corner and all the margins must measure 2.5 cm.

The text extension will vary according to the section that it is going to be published in:

- Originals: maximum 6,000 words, 6 figures in 6 tables.
- Reviews: maximum 6,000 words, 6 figures in 6 tables. If a longer extension is needed, it is recommended that the authors should speak with the editorial committee of the Journal.
- Special Articles: maximum 3,000 words, 3 figures and 3 tables.
- Cases study: 1,500 to 2,000 words, 4 figures and 4 tables.
- Letters to the editor: maximum of 1,000 words.

### The manuscripts should have the following general structure:

1. Front Page\*
2. Structured summary in Spanish and key words\*
3. Structure summary in English and key words\*
4. Text
5. References
6. Acknowledgments (optional)
7. Tables (optional)
8. Figures (optional)

\* If the language of the manuscript is Portuguese, a structured summary and key words in the Spanish and English language must also be included.

**- First page (Front page):**

The first page can only have the following data that should go in the following order:

Work title (Spanish to English), "running title" that is no longer than 60 characters, name and last names of the authors that should be written in the following order:

First name, initials of the second name if any, followed by last name(s); work site and complete address. In addition, an E-mail of the author must be provided for correspondence.

**- Second page:**

Summary of the work in Spanish and English, which must have a maximum extension of 250 words. This summary must be structured into four sections: a) Objectives; b) Methods; c) Results and d) Conclusions

At the end of each summary, 3 to 10 key words must be given in Spanish and English, preferentially derived from the Medical Subject Headings (MeSH) of the National Library of Medicine (see [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/me\\_shbrowser.cgi](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/me_shbrowser.cgi)).

**- Text: it will vary according to the section in which it will be published:**

- a) Originals: This should an Introduction, Method, Results and Discussion; if the authors want to make acknowledgments, these should be inserted at the end of the text.
- b) Reviews: The text should be divided into all of those Sections that the author considers necessary for perfect understanding of the subject in question.
- c) Special Articles: These are articles that due to their subject matter cannot be presented as another type of article. Thus, the text should be divided into those sections that the author considers necessary to achieve the best understanding of the text.
- d) Cases study: The author will include the sections considered necessary for the total understanding of the subject in question.
- e) Letters to the editor: preference will be given in this Section to discussion of the works published in the last two numbers with the contribution of opinions and experiences.
- f) Others: Specific sections requested by the editorial committee of the Journal.

**- References:**

The references must be numbered consecutively according to order of appearance in the text. In the body of the article, the numbering of the citations must always be in arabic number in superscript, regardless of whether the names of the authors are mentioned or not.

If the name of the authors is mentioned, the following guidelines must be followed:

- If the work is conducted by two persons, mention both.

*For example:* According to Vaamonde and Oehninger<sup>1</sup> intense physical exercise may cause...

- If it is more than two authors, mention the first followed by the abbreviation "et al".

*Example:* According to Vaamonde et al<sup>1</sup> intense physical exercise may cause...

Bibliographic citations should be given following the Vancouver model (version in Spanish in [www.metodo.uab.es](http://www.metodo.uab.es)).

*Example:* Da Silva-Grigoletto ME, Gómez-Puerto JR, Viana-Montaner BH, Armas-Negrin JA, Ugrinowitsch C, García-Manso JM. Comportamiento de diferentes manifestaciones de la resistencia en el voleibol a lo largo de una temporada, en un equipo profesional. Rev Andal Med Deporte. 2008 1(1):3-9.

Other examples of the bibliography can be seen in [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)

**- Tables:**

These should be sent in a new file, be numbered, the title should be given in the upper part and the abbreviations described in the lower part. The clarification notes should go at the bottom of the page and be ordered with Arabic numbers in accordance with their order of appearance in the text.

**- Figures**

*Figure legend*

The legends (footnotes) of the figures (including the abbreviations used) should be included in the principal document on a separate page from that of the tables.

*Figures and other graphic material.*

Both graphs as well as the photographs (photos) are considered figures.

The figures may be made with any computer program but should be sent in jpg format, with a minimum quality of 300 dpi. Each figure should be in black and white, although when it is justified, they may be accepted in color. Furthermore, the authors will be asked to send each figure in a separate file whose name should be the number of the figure (for example figure1.jpg)

The Editorial Coordinator of Revista Andaluza de Medicina del Deporte will inform on the receipt of the work and will inform on the result of acceptance and possible date of its publication.

The director of the Revista Andaluza de Medicina del Deporte will not be responsible for the concepts, opinions or statements made by the authors in their works.

It would be convenient for the authors to consult a recent number of the Journal to verify if any changes have been made in the publication guidelines and to be able to access a published article that can be used as an example.



## ● El proyecto Estadios Saludables en España

El Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD), que depende de la Consejería de Turismo, Comercio y Deportes de la Junta de Andalucía, representa a España en este proyecto Europeo.

Para la Junta de Andalucía, es una oportunidad para dialogar con los grandes estadios de nuestra región sobre modelos de vida saludable y para aplicar a las instalaciones de deportes de la comunidad las buenas prácticas desarrolladas en este proyecto. Se espera de este proyecto que sea el marco de una colaboración duradera entre los clubes de deporte y la administración pública regional en materia de hábitos saludables.

Dos estadios andaluces (Palacio de Deporte San Pablo y el Sevilla FC, ambos en Sevilla) han confirmado su colaboración como estadio piloto en España. Esta colaboración se traduce en la identificación de acciones en beneficio de los visitantes de ambas instalaciones de deportes (en este caso alimentación saludable en los estadios, cartera de hábitos saludables con la imagen de jugadores carismáticos y evaluación por parte del CAMD de reconocimientos médicos para los empleados).

# ○ Qué es el proyecto “Estadios Saludables”



El proyecto Estadios Saludables (Healthy Stadia) es un proyecto financiado por la Comisión Europea a través de la Agencia Ejecutiva de Salud y Consumidores (EAHC). Cooperan 9 socios procedentes de 8 países europeos (Inglaterra, Grecia, Polonia, Italia, Letonia, Finlandia, Irlanda y España) bajo la tutela del socio líder, Heart of Mersey. De ellos, 4 (Finlandia, Irlanda, Letonia y España) han sido seleccionados para implementar algunas medidas en su territorio.

La misión del proyecto Estadios Saludables consiste en la **promoción de la salud** de los usuarios de instalaciones o estadios de deportes (visitantes, socios, jugadores, empleados y usuarios procedentes de las comunidades de vecinos). El proyecto pretende identificar, analizar y difundir buenas prácticas en materia de promoción de pautas de vida saludable por parte de clubes y federaciones de deportes. Los ámbitos de actuación abarcan la salud y los estilos de vida, el medioambiente y la dimensión social para el tejido asociativo y vecinal.



# Integrar la red de Estadios Saludables

Gestión  
(privada o pública)  
de instalaciones  
de deporte

Estamos ahora construyendo una red europea de estadios saludables. Esta red tiene vocación de crecer en Europa. Cada socio fomentará la diseminación del proyecto y de sus objetivos para lograr la participación del mayor número de instalaciones de deportes.

Asociaciones  
y usuarios de las  
instalaciones de  
deporte

Dos eventos de diseminación de la red Estadios Saludables han sido programados para el año 2009.

- Diseminación en España (Andalucía, Marzo)
- Diseminación en Europea (Liverpool, Septiembre)

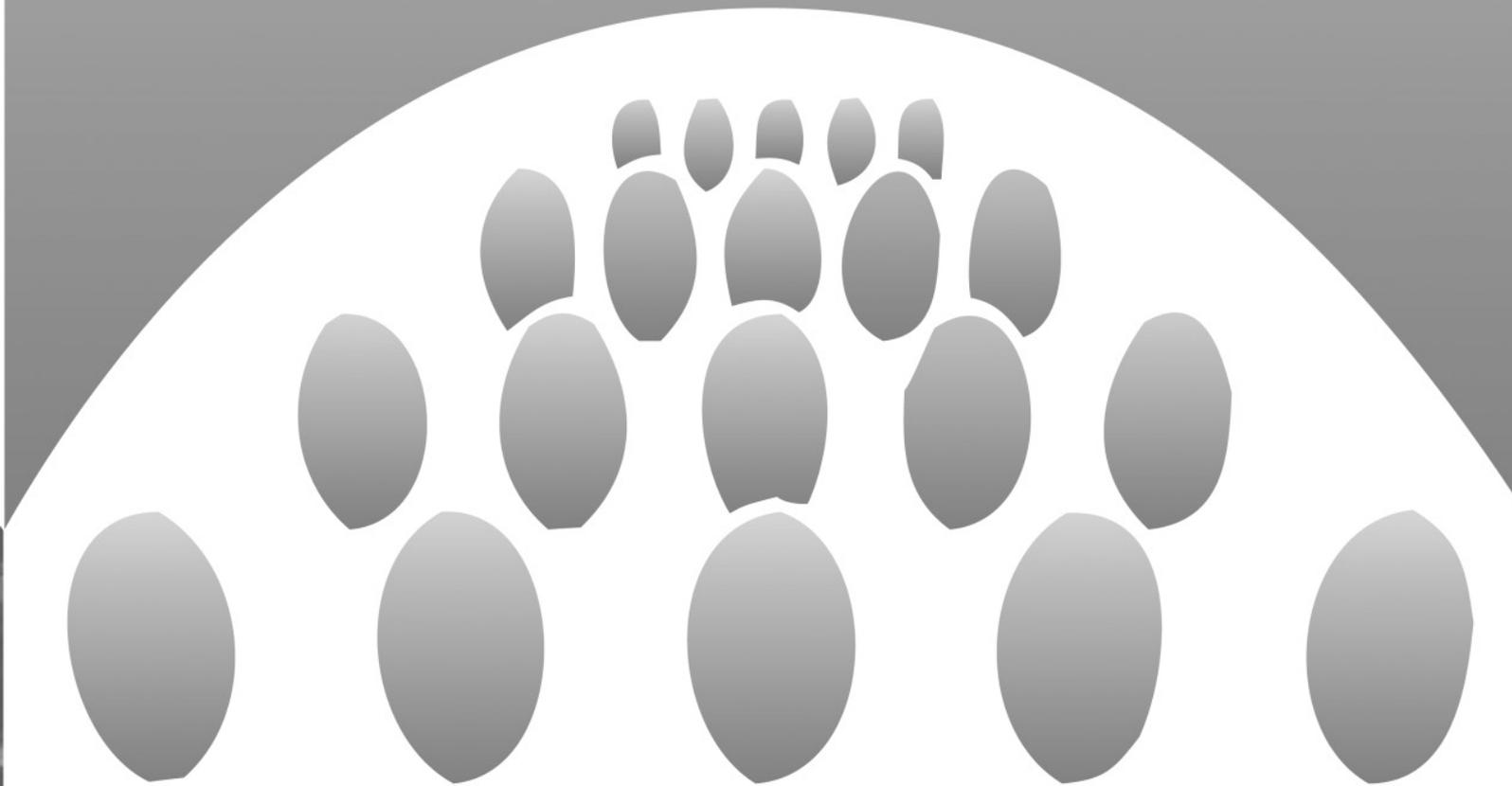
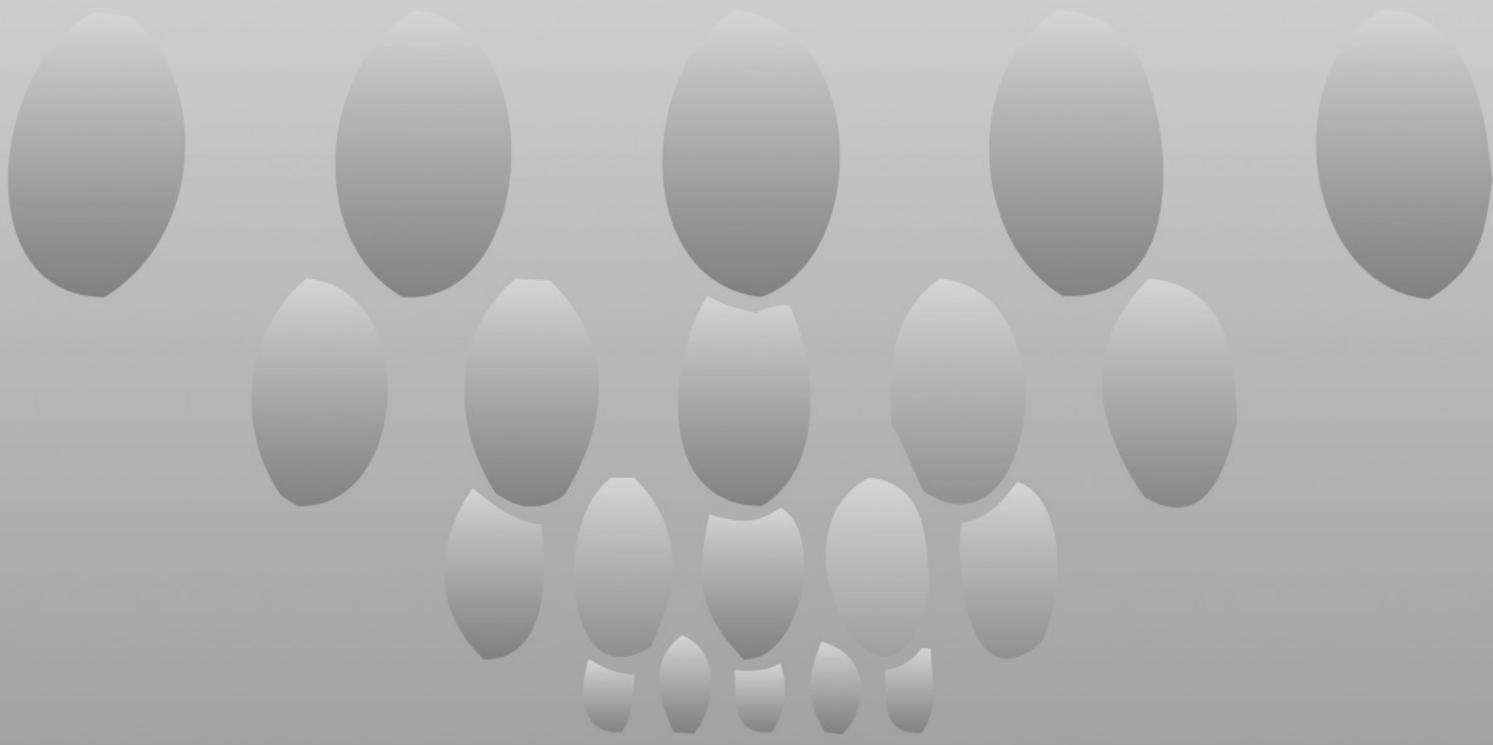
Medicina  
del deporte

Para participar en ellos,  
póngase en contacto  
con el CAMD.

[jcarlos.rubio@juntadeandalucia.es](mailto:jcarlos.rubio@juntadeandalucia.es)

Administración  
local o regional

[www.healthystadia.eu](http://www.healthystadia.eu)





Recorte este boletín y envíelo por correo a la dirección indicada en el mismo.

Si no desea recortar la revista, puede fotocopiarlo y mandarlo por fax al 95 506 54 46 o al correo [ramd.ctcd@juntadeandalucia.es](mailto:ramd.ctcd@juntadeandalucia.es)

## REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

## Boletín de suscripción

Si usted es coordinador o responsable de alguna Biblioteca y desea recibir gratuitamente la revista RAMD, envíe este boletín a la

**Junta de Andalucía**  
**Consejería de Turismo, Comercio y Deporte**  
**Centro de Documentación**

C/ Juan Antonio de Vizarrón, s/n - 41092 Sevilla

Nombre y Apellidos

Organismo

Domicilio

Población

C. P.

Teléfono

Fax

e-mail

¿Cómo ha conocido la revista?

Recorte este boletín y envíelo por correo a la dirección indicada en el mismo.

Si no desea recortar la revista, puede fotocopiarlo y mandarlo por fax al 95 506 54 46 o al correo [ramd.ctcd@juntadeandalucia.es](mailto:ramd.ctcd@juntadeandalucia.es)

## REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

## Boletín de suscripción

Si usted es coordinador o responsable de alguna Biblioteca y desea recibir gratuitamente la revista RAMD, envíe este boletín a la

**Junta de Andalucía**  
**Consejería de Turismo, Comercio y Deporte**  
**Centro de Documentación**

C/ Juan Antonio de Vizarrón, s/n - 41092 Sevilla

Nombre y Apellidos

Organismo

Domicilio

Población

C. P.

Teléfono

Fax

e-mail

¿Cómo ha conocido la revista?



*En Andalucía todo sale bajo par*

**Andalucía**  
TE QUIERE



**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](mailto:camd.ctcd@juntadeandalucia.es)