

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 3 Número. 4

Diciembre 2010



RAMA

## Originales

Nutritional analysis of diet at base camp of a seven thousand-metre mountain in the Himalayas

Pre-exercise high concentration carbohydrate supplementation impairs the performance on high intensity cycling exercise

Repercusión de la hipercifosis sobre variables antropométricas y funcionales

Frecuencia cardíaca máxima obtenida y predicha: estudio retrospectivo en brasileños (artículo en portugués)

## Revisiones

Efectos metabólicos, renales y óseos de las dietas hiperproteicas.  
Papel regulador del ejercicio

Evidencias para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con fibromialgia

La periodización del entrenamiento y las cuestiones emergentes: el caso de los deportes de equipo (artículo en portugués)

ISSN: 1888-7546

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

# Centro Andaluz de Medicina del Deporte

## Almería

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

## Cádiz

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

## Córdoba

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

## Granada

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

## Huelva

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

## Jaén

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

## Málaga

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

## Sevilla

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



**JUNTA DE ANDALUCÍA**

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

[www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/camd](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

Miembros del Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Bernardo Hernán Viana Montaner  
Carlos de Teresa Galván  
Juan de Dios Beas

José Naranjo Orellana  
José Ramón Gómez Puerto  
Leocricia Jiménez López

Marzo Edir Da Silva Grigoletto  
Ramón Antonio Centeno Prada

## 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 Carlos Jaenes  
(Universidad Pablo Olavide, España)  
José Ramón Alvero Cruz  
(Universidad de Málaga, España)  
Juan Manuel García Manso  
(Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España)  
Juan Marcelo Fernández  
(Hospital Reina Sofía, España)  
Juan Ribas Serna  
(Universidad de Sevilla, España)  
Madalena Costa  
(Harvard Medical School, Boston, USA)  
Miguel del Valle Soto  
(Universidad de Oviedo, España)  
Mikel Izquierdo  
CEIMD. 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

José Abascal, 45  
Tel.: 914 021 212  
28003 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

Publicación trimestral (4 números al año).

© Copyright 2010 Centro Andaluz de Medicina del Deporte

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

Reservados todos los derechos. El contenido de la presente publicación no puede ser reproducido, ni transmitido por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética, ni registrado por ningún sistema de recuperación de información, en ninguna forma, ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de explotación de la misma. ELSEVIER ESPAÑA, a los efectos previstos en el artículo 32.1 párrafo segundo del vigente TRLPI, se opone de forma expresa al uso parcial o total de las páginas de REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE con el propósito de elaborar resúmenes de prensa con fines comerciales.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

# IV Congreso Internacional Universitario de las Ciencias de la Salud y el Deporte

Madrid, 18, 19 y 20 de noviembre 2010

Lugar: Comité Olímpico Español  
(Auditorio Alfredo Goyeneche)

*[www.congresoatleticodemadridrealmadrid.es](http://www.congresoatleticodemadridrealmadrid.es)*

## ORGANIZADORES



# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 3 Número 4

Diciembre 2010

## Originales

- 127 Nutritional analysis of diet at base camp of a seven thousand-metre mountain in the Himalayas  
*M. Mariscal-Arcas, C. Carvajal, C. Monteagudo, J. Lahtinen, M. C. Fernández de Alba, B. Feriche and F. Olea-Serrano*
- 133 Pre-exercise high concentration carbohydrate supplementation impairs the performance on high intensity cycling exercise  
*M. V. de Sousa, L. R. Altimari, A. H. Okano, C. F. Coelho, J. M. Altimari, O. Teixeira, H. G. Simões, R. C. Burini and E. S. Cyrino*
- 138 Repercusión de la hipercifosis sobre variables antropométricas y funcionales  
*F. Zurita Ortega, M. Fernández Sánchez, C. López Gutiérrez y R. Fernández García*
- 146 Frecuencia cardíaca máxima obtenida y predicha: estudio retrospectivo en brasileños (artículo en portugués)  
*J. C. Bouzas Marins, C. Diniz da Silva, M. de Oliveira Braga, M. Santos Cerqueira y F. Costa Bandeira*

## Revisiones

- 153 Efectos metabólicos, renales y óseos de las dietas hiperproteicas. Papel regulador del ejercicio  
*V. A. Aparicio, E. Nebot, J. M. Heredia y P. Aranda*
- 159 Evidencias para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con fibromialgia  
*B. Sañudo, D. Galiano, L. Carrasco y M. de Hoyo*
- 170 La periodización del entrenamiento y las cuestiones emergentes: el caso de los deportes de equipo (artículo en portugués)  
*A. Moreira*

Sumario

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 3 Number 4

December 2010

C  
O  
N  
T  
E  
N  
T  
S

## Original Articles

- 127 Nutritional analysis of diet at base camp of a seven thousand-metre mountain in the Himalayas  
*M. Mariscal-Arcas, C. Carvajal, C. Monteagudo, J. Lahtinen, M. C. Fernández de Alba, B. Feriche and F. Olea-Serrano*
- 133 Pre-exercise high concentration carbohydrate supplementation impairs the performance on high intensity cycling exercise  
*M. V. de Sousa, L. R. Altimari, A. H. Okano, C. F. Coelho, J. M. Altimari, O. Teixeira, H. G. Simões, R. C. Burini and E. S. Cyrino*
- 138 The impact of kyphosis on anthropometric and functional variables  
*F. Zurita Ortega, M. Fernández Sánchez, C. López Gutiérrez and R. Fernández García*
- 146 Maximum heart rate obtained and predicted: a retrospective study in Brazilian  
*J. C. Bouzas Marins, C. Diniz da Silva, M. de Oliveira Braga, M. Santos Cerqueira and F. Costa Bandeira*

## Review Articles

- 153 Metabolic, renal and bone effects of high-protein diets. The protective role of exercise  
*V. A. Aparicio, E. Nebot, J. M. Heredia and P. Aranda*
- 159 Evidence-based recommendations for physical activity in women with fibromyalgia  
*B. Sañudo, D. Galiano, L. Carrasco and M. de Hoyo*
- 170 The training periodization and the emerged questions: the team sports' case  
*A. Moreira*



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

## Nutritional analysis of diet at base camp of a seven thousand-metre mountain in the Himalayas

M. Mariscal-Arcas<sup>a</sup>, C. Carvajal<sup>a</sup>, C. Monteagudo<sup>a</sup>, J. Lahtinen<sup>d</sup>, M. C. Fernández de Alba<sup>b</sup>, B. Feriche<sup>c</sup> and F. Olea-Serrano<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Nutrition and Food Science Department. University of Granada. Spain.

<sup>b</sup>Andalusian Centre of Sport Medicine (CAMD). Junta de Andalucía. Spain.

<sup>c</sup>Physical Education and Sport Department. University of Granada. Spain.

<sup>d</sup>Altitude Training Centre (CAR) of Sierra-Nevada. Consejo Superior de Deportes (CSD). Spain.

### History of the article:

Received April 5, 2010

Accepted July 2, 2010

### Key words:

Mountaineer.

Diet.

Carbohydrate.

Fats.

### Palabras clave:

Alpinista.

Dieta.

Carbohidratos.

Grasas.

### Correspondence:

F. Olea-Serrano.

Nutrition and Food Science Department.

University of Granada.

Campus de Cartuja s/n

18071 Granada. Spain.

E-mail: folea@ugr.es

### ABSTRACT

**Objective.** To evaluate the diet of a group of high-mountain climbers at 4,500 metres.

**Methods.** A descriptive cross-sectional study was performed on the diet of a group of high-mountain climbers at their base camp (4,500 m).

**Results.** The mean intake was 11.85 MJ/day (2,833 kcal/day), which provided an inadequate supply of energy and micronutrients to replenish deposits. Their mean carbohydrate intake (39.5%) was excessively low, since carbohydrate-rich diet favours acclimatization and the capacity for recovery. Their daily intake of 1.5-2.5 g/protein/kg of bodyweight was very similar to recommendations (1.5-2.0 g/kg/day).

**Conclusions.** The climbers underwent a drastic change from their habitual Mediterranean diet, rich in monounsaturated fats (largely olive oil), to a diet rich in polyunsaturated fats (largely soy oil). The Sherpa-prepared diet on this expedition was not balanced. It was rich in saturated polyunsaturated fats and relatively poor in proteins and especially carbohydrates, similar to the traditional diet of climbers. Dietary strategies need to be developed to increase the intake of nutrients that favours the physical recovery of climbers and their altitude-acclimatization and to avoid micronutrient deficiencies.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### RESUMEN

#### Análisis nutricional de la dieta en un campamento base a 7.000 metros en una montaña del Himalaya

**Objetivo.** Evaluación de la dieta de un grupo de escaladores de alta montaña a 4.500 metros.

**Método.** Estudio descriptivo de corte transversal realizado sobre la dieta de un grupo de escaladores de alta montaña en su campamento base (4.500 m).

**Resultados.** La ingesta media fue de 11,85 MJ/día (2.833 kcal/día), que proporcionan un suministro inadecuado de energía y micronutrientes para reponer los depósitos. El consumo promedio de los hidratos de carbono (39,5%) era excesivamente bajo, ya que la aclimatación y la capacidad de recuperación se favorece con una dieta rica en carbohidratos. La ingesta diaria de 1,5-2,5 g/proteína/kg de peso corporal fue muy similar a las recomendaciones (1,5-2,0 g/kg/día).

**Conclusiones.** Los escaladores sufrieron un cambio drástico de su dieta mediterránea habitual, rica en grasas monoinsaturadas (aceite de oliva en gran medida), al pasar a una dieta rica en grasas poliinsaturadas (principalmente aceite de soja). La dieta preparada por los serpas, en esta expedición, no era equilibrada. Era una dieta rica sobre todo en grasas saturadas y poliinsaturadas, relativamente pobre en proteínas y carbohidratos, similar a la dieta tradicional de los escaladores. Se deben desarrollar estrategias en la dieta para aumentar la ingesta de nutrientes que favorezcan la recuperación física de los escaladores y su aclimatación a la altura y así evitar carencias de micronutrientes.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

## Introduction

Nutrition plays an important role in the achievement of optimal performance in sports and is especially critical in resistance sports. The resistance sport of alpinism combines high physical exercise with hypoxia-induced anorexia, especially at altitudes above 6,000 metres. Studies have shown that the organism can oxidize fats and carbohydrates in a normal manner up to 5,000 metres, therefore any weight loss below this altitude can be attributed to inadequate calorie intake<sup>1-3</sup>. Weight loss above 5,000 metres appears inevitable due to the loss of appetite and nausea produced by altitude sickness and the metabolic changes required to obtain energy.

It has generally been accepted that the human diet should contain 55-65% carbohydrates, 12-20% proteins and 20-30% fats<sup>4</sup>, although the WHO recently increased the recommended proportion of carbohydrates to 75%<sup>5</sup>. However, some authors have supported increasing the protein intake at the expense of fats at high altitudes, with each component comprising 15-20% of the diet. They propose a daily intake of at least 7 g of carbohydrates per kg of weight (3.2 g per pound) plus 1.5-2.0 g of protein, with remaining calories consumed as fats<sup>6</sup>. Special caution should be taken with traditional fat-rich diets, which can lead to chronic muscle fatigue; they provide an inadequate amount of readily available carbohydrates, and diets rich in fatty acids require more oxygen during metabolism, slowing acclimatization. In a hypobaric chamber study<sup>7</sup>, in which altitude hypoxia was simulated by the gradual decompression of the chamber, subjects consumed *ad libitum* from a range of appetizing dishes but lost weight in proportion to the simulated altitude *versus* controls offered the same food under normal pressure conditions. Therefore, hypobaric hypoxia appears to be sufficient to produce weight loss, probably due to anorexia and poor intestinal absorption. These effects are increased in real expeditions<sup>8,9</sup>.

Oxygen saturation values of around 70% are essential for good absorption in the small intestine and avoidance of weight loss<sup>10-11</sup>. Roberts et al<sup>12</sup> suggested that acclimatized individuals may have lower fat metabolism activity at high altitudes, influencing carbohydrate availability. On the other hand, McClelland et al<sup>13</sup> concluded that the relative carbohydrate contribution does not change after altitude acclimatization and that the metabolic utilization of fuel is mainly influenced by the relative intensity of exercise, as at sea level.

There is little evidence that chronic or acute exposure to altitude increases the demand for any specific micronutrient, although there have been reports that iron and vitamin E supplements may be beneficial<sup>14</sup>. Studies of the effects of cold, energy expenditure, ultraviolet ray exposure and atmospheric composition indicate that supplementation with certain vitamins has a highly desirable antioxidant function in the high mountains<sup>15-18</sup>. At high altitudes, the prolonged consumption of vitamins with antioxidant properties can prevent the slowing of blood flow and the reduction in physical function associated with free-radical induced damage<sup>19,20</sup>. Dietary treatments that preserve or enhance the fluidity or deformability of the red blood cell membrane improve the transfer of oxygen to tissues, and action to improve oxygen delivery to tissues under hypoxia conditions is generally advantageous for the functioning of the organism. Exposure to hypoxia and peroxidation of unsaturated fatty acids of the red blood cell membrane reduce its deformability and its capacity to adapt to capillaries. Improved membrane fluidity (increased deformation capacity) can be achieved by two dietary mechanisms, for instance, diet supplementation with polyunsaturated fatty acids

or antioxidants (for instance, vitamin E), in order to protect polyunsaturated fatty acids in membranes from peroxidation by free radicals.

Iron supplements can also be beneficial in this situation. According to observations of the response of erythropoiesis and haemoglobin synthesis at high altitudes, a normal iron intake appears adequate for males, whereas women may benefit from iron supplementation. The intake of oral iron supplements (ferrous sulphate, 200-300 mg/day) has been proposed during 2-3 weeks before a climb and during 2-4 weeks while at altitude, with the caveat that an increase in free radicals may be produced<sup>21-23</sup>.

In November and December 2002, seven climbers from Andalusia (Southern Spain) attempted the ascent of Jannu ("sleeping giant" in Nepalese), a Himalayan mountain of 7,710 meters in the Kangchenjunga region of Nepal.

The objective of the present study was to evaluate the diet of a group of high-mountain climbers at 4,500 metres, analyzing the types and amounts of nutrients.

## Methods

### Subjects

A study was undertaken of the diet followed by seven male climbers on the "Andalusia K2 2003" expedition; they were aged from 27 to 42 years and all had considerable mountaineering experience. Before acceptance as expedition member, each was informed both verbally and in writing of the full extent of the proposed research, and written informed consent was then obtained from each subject. All were in excellent physical condition prior to departure. Table 1 lists the responsibilities of expedition members and their anthropometrical parameters, calculated according to FAO/WHO<sup>24</sup>.

### Procedure

The expedition comprised two phases: firstly ascent of Jannu in October, November, and December 2002; and secondly ascent of K2 (at 8,611 meters, the second highest mountain in the world) in June, July, and August 2003. The expedition was organized by the Andalusian Mountaineering Federation and subsidized by the Department of Tourism and Sports of the Andalusian Regional Government. The investigation was approved by the ethics committee of the University of Granada and all subject data were coded to maintain confidentiality.

### Food and supplements

A register was pre-prepared for recording all data related to nutrition throughout the expedition. We recorded and analysed all of the food consumed at base camp during a 17-day period. Food items were brought from Katmandu and prepared by two Sherpa cooks.

Four daily meals were prepared: breakfast, mid-morning snack, lunch, and evening meal. Varied menus were provided during the 17-day study period, prepared from both fresh and preserved foods. The amounts were calculated from the weight of the food items, measured by the climber responsible for food. They were weighed by means of a kitchen scale of 2 kg capacity with 20 g increments (Hanson UK Ltd.



**Table 1**  
Responsibilities and characteristics of expedition members

	Leader	Sub-Leader	Technical material	Physician	Audiovisual materials	Communications	Food	Mean
Age (years)	37.00	42.00	30.00	38.00	36.00	39.00	27.00	35.57
Initial weight (kg)	65.20	68.30	71.30	72.00	66.00	80.40	71.10	70.61
Final weight (kg)	62.00	65.10	67.30	70.30	63.20	75.40	66.20	67.07
Weight difference (kg)	3.20	3.20	4.00	1.70	2.80	5.00	4.90	3.54
Height (m)	1.71	1.72	1.78	1.80	1.72	1.80	1.74	1.75
Initial BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.23	22.98	22.41	22.22	22.31	20.83	23.45	22.35
BMR (MJ)*	6.77	6.92	7.10	7.11	6.82	7.49	7.37	7.08

\*Calculated according to FAO/WHO, 2001 (18-30 years old, 0.063 kg + 2.896; 30-60 years old, 0.048 kg + 3.653). Mean weight loss = 3.57 kg.  
BMR: basal metabolic rate.

**Table 2**  
Description of the foods consumed at base

Vegetables	Consumption (g and g/day)	Frequency during 17 days	Protein foods	Consumption (g and g/day)	Frequency during 17 days	Fruit	Consumption (g and g/day)	Frequency during 17 days
Carrot purée	300 (75)	4	Egg	1,200 (150)	8	Preserved compote	1,440 (180)	8
Carrot	847 (60)	14	Lean yak steak	1,500 (100)	15	Peach in syrup	1,080 (180)	6
Cabbage	375 (75)	5	Canned sardines	125	1	Preserved mango	600 (200)	3
Boiled potatoes	800 (115)	7	Frankfurt sausage	325 (65)	5	Sugar	140 (10)	14
Preserved sweet corn	50	1	Tuna in pastry	200	1	Honey	20	1
Endives	180 (90)	2	Breaded chicken	120	1	Homemade chocolate cake	150	1
Cauliflower	75	1	Potato omelet	1,350 (150)	9	Cinnamon sponge cake	150	1
Cauliflower cheese	300 (75)	4	Powdered whole cow's milk	1,800 (165)	11	Custard	250 (125)	2
Mushrooms	470 (94)	5	Yak cheese	180 (20)	9	Jam	25	1
Peas	240 (80)	3	Carbohydrate foods			Wheat bread	100	1
Onion, garlic	150 (30)	5	White rice	350 (87.5)	4	Other food		
Vegetable soup	250	1	Corn flour	165 (55)	3	Mayonnaise	40	1
Green beans	120 (40)	3	Cornflakes	180 (30)	6	Packet soups	200 (25)	8
Lettuce	200 (50)	4	Chapatti with egg	575 (115)	5	Pizza	550 (275)	2
Corn	1,400 (100)	14	Popcorn	500 (100)	5	Tea	4,250 (250)	17
Chickpeas	160 (80)	2	Pasta	480 (80)	6	Spices (pepper, mustard, etc.)	Ad libitum	
Tomato sauce	660 (55)	12	Pasta with vegetables	640 (80)	8			
			Chapattis	100	1	<b>Fats</b>		
			Potato chips	100	1	Butter	20	1
			Spaghetti in white sauce	80	1	Soy oil	Ad libitum	17

ref. 205 H, 700320363 Rev. 6.11). The same climber maintained the register, in which all foods purchased were noted and the food consumed on each day was recorded. The diet was analyzed by using the Dietsource software package<sup>25</sup>. When necessary, information on the composition of local foods (for instance, yak meat) was added to the database of this program, derived from the Food Composition Table for use in East Asia<sup>26</sup>. The energy intake (EI) was estimated from the daily menus. All mountaineers ate exactly the same meals and always ate all of the food offered, therefore the daily EI can be assumed to be identical for all study subjects. The estimated-EI value was related to the total energy expenditure (TEE) according to equations proposed by FAO/WHO<sup>24</sup> ( $TEE = 662 - 9.53 \times \text{age (years)} + PA \times 15.91 \times \text{weight (kg)} + 539.6 \times \text{height (m)}$ ), taking account of the basal metabolic rate (BMR) and physical activity level (PAL) of the group<sup>27</sup>. TEE values were calculated considering active PAL values (1.70-1.99) or, on climbing days, vigorous PAL values (2.00-2.40) PAL values.

### Statistical analysis

Mean, minimum and maximum levels of nutrients in the menus were calculated, and the Student's t-test was used to compare nutritional data gathered during the 17 days of the expedition (estimated-EI) with nutrient intake recommendations (2005 Dietary Reference Intakes [DRI] data) for this population<sup>28</sup>. The normal distribution of nutrient values was checked and confirmed by using Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilke tests<sup>29,30</sup>.  $P < 0.05$  was considered statistically significant. SPSS version 15.0 software was used for all data analyses.

### Results

Table 2 lists food groups in the diet, amounts per person and frequency of their consumption. Tables 3 and 4 show results of the nutritional analysis of the meals consumed at the base camp during the 17-day

**Table 3**

Nutrients and energy provided by the diet and mean distribution of fats in studied diet

Nutrients/day	Minimum	Maximum	Mean	SD	% energy
Proteins (g)	22.30	167.10	110.70	46.20	15.50
Fats (g)	60.90	206.10	142.10	47.60	45.50
Carbohydrates (g)	94.10	399.90	277.60	84.80	39.50
Fiber (g)	3.90	20.00	12.60	4.80	
Energy (MJ)	4.83	16.70	11.85	3.77	100.00
Saturated fats (g)	8.90	73.10	38.00	20.30	33.60*
Monosaturated fat (g)	19.70	37.40	25.50	7.50	27.60*
Polysaturated fat (g)	20.20	77.70	49.40	5.20	43.70*
Cholesterol (mg)	104.00	2,164.00	1,051.70	618.90	

\*% energy from 45.5 fats energy.  
SD: standard deviation.

study and the comparison (Student's t-test for one sample) with DRI values. Minimal estimated-EI (calculated from mean portions consumed by the group) and hence minimal estimated-EI/BMR ratios were observed on days 1 and 11 of the base camp stay. The mean estimated-EI/BMR (SD) of the group was 1.67 (0.53), ranging from 0.64 to 2.47. Table 5 shows the comparison between the TEE values calculated for each climber (according to weight, age and physical activity) and their estimated-EI values (see table 5 footnotes). When active PAL values were considered, no differences between mean estimated-EI and TEE values were found, but when vigorous PAL values were assumed, significant differences ( $P < 0.05$ ) were found for five of the climbers.

Climbers were weighed at the start and end of the entire 2-month expedition, finding weight losses ranging from 2 to 5 kg (table 1).

## Discussion

On a high-mountain climb, 15.90–25.10 MJ (3,800–6,000 kcal) are expended daily according to the type of physical activity involved<sup>11</sup>. It is evidently important to consume the amount of calories required by the organism. Climbers lose at least 3% of their body weight after eight days at 4,300 meters and 15% after three months at 5,300–8,000 meters<sup>31</sup>. This loss can produce a reduction in mental and physical functioning. Some studies have suggested that the intake of carbohydrates at altitude

improves blood oxygenation and provides a more efficient energy source compared with fats or protein<sup>2</sup>. The macronutrient and energy levels observed in the present climbers differed widely from the usual recommendations for climbs above 6,000 meters. Nevertheless, no significant differences were found between the mean estimated-EI values estimated from the diet (11.85 MJ/day [2,832.5 kcal/day]) and the TEE values calculated for each climber according to 2001 FAO/WHO recommendations<sup>24</sup> for adults with moderate activity. When the TEE was calculated for adults engaged in vigorous activity (PAL = 2.00–2.40), however, a significant difference with the estimated-EI value was found for five climbers. It should be borne in mind that this level of activity cannot be maintained during long time periods.

Among the 17 acclimatization days studied, estimated-EI/BMR values of  $> 2.00$  were recorded on the only 7 days when they were climbing, an intake of at least 8.37 MJ/day (2,000 kcal/day) is recommended during long-duration activities to avoid iron or calcium deficits, depletion of glycogen deposits and dehydration<sup>31</sup>. Since these climbers were at 4,500 m and the aim of their base camp stay was to replenish energy deposits, their mean intake of 11.85 MJ/day (2,833 kcal/day) provided an inadequate supply of energy and micronutrients. These observations are similar to those reported by most studies, either in hypobaric chamber or *in situ*<sup>3</sup>.

The production of energy per litre of oxygen is higher when carbohydrates are the energy source, regardless of the oxygen pressure of inhaled air. Carbohydrates are also a more efficient energy source for working under conditions of reduced oxygen pressure<sup>32</sup>. The 39.5% carbohydrate intake of the present study group was very low, since around 55–65% is usually recommended to avoid muscle exhaustion from excessive depletion of glycogen reserves and to maintain adequate glycaemia against excessive protein catabolism. In short, a carbohydrate-rich diet favours acclimatization and the capacity for recovery<sup>4,31</sup>.

The climbers had a daily intake of 1.5–2.5 g of proteins per kg of bodyweight, very similar to the recommendations of most authors consulted (1.5–2.0 g/kg/day)<sup>33,34</sup> and representing 12–15% of the total energy consumed<sup>35</sup>. Nevertheless, some authors have proposed a higher intake of 2.5–3 g/kg/day<sup>36</sup>. An adequate intake of proteins and glucose liquids is essential to prevent excessive weight loss under conditions of very high catabolism. Furthermore, prolonged exercise has a similar immunosuppressive effect to that of diets deficient in proteins and specific micronutrients<sup>37</sup>. Although no amino acid supplements were

**Table 4**

Mean (total/daily) intake of micronutrients during the 17 days at base camp

Nutrients intake/day	Minimum	Maximum	Mean (SD)	DRI	T Test	P
Phosphorus (mg/day)	474.6	3,027.1	1,949.2 (884.8)	700	5.647	0.0001
Magnesium (mg/day)	163.5	485.3	342.0 (108.2)	420	-2.881	0.011
Calcium (mg/day)	142.1	2,774.5	1,487.4 (1,019.0)	1,000	1.913	0.075
Iron (mg/day)	5.2	29.1	17.1 (6.3)	8	5.767	0.0001
Zinc (mg/day)	4.5	25.1	15.5 (7.4)	11	2.441	0.028
Iodine (ug/day)	7.0	101.7	47.3 (25.1)	150	-16.303	0.000
Selenium (ug/day)	6.5	78.8	38.5 (23.4)	55	-2.811	0.013
Ascorbic acid (mg/day)	18.3	277.1	89.5 (73.8)	90	-0.025	0.980
Thiamin (mg/day)	0.5	2.4	1.5 (0.6)	1.2	2.540	0.023
Riboflavin (mg/day)	0.5	6.8	3.0 (1.9)	1.3	3.648	0.002
Nicotinic acid (mg/day)	3.6	32.1	19.9 (8.7)	16	1.815	0.090
Pyridoxine (mg/day)	0.6	4.7	2.7 (1.6)	1.3	3.678	0.002
Folic acid (ug/day)	77.4	302.3	168.4 (66.8)	400	-13.852	0.0001
Cyanocobalamin (ug/day)	1.1	39.9	8.1 (8.9)	02.4	2.542	0.023
Vitamine E (mg/day)	12.8	24.5	18.8 (4.3)	15	3.55	0.003

DRI: Dietary Reference Intakes, 2005.  
SD: standard deviation.

**Table 5**  
Comparison of means of EI (MJ/day) vs. TEE (MJ/day)

Climber number	TEE (active) (MJ/d)	T Test	P	TEE (vigorous) (MJ/d)	T Test	P
1	11.53	0.342	0.737	13.41	-1.653	0.119
2	11.61	0.259	0.799	13.54	-1.791	0.094
3	12.50	-0.692	0.499	14.52	-2.823	0.013
4	12.33	-0.502	0.623	14.36	-2.661	0.018
5	11.68	0.181	0.858	13.58	-1.836	0.086
6	12.95	-1.165	0.262	15.11	-3.453	0.004
7	12.51	-0.699	0.495	14.50	-2.808	0.013

Equation used in the calculation: \*TEE = 662-9.53 × age (years) + PA × 15.91 × weight (kg) + 539.6 × height (m). PA = 1.25 if PAL is considered to be 1.70-1.99 (active); PA = 1.48 if PAL is considered to be 2-2.4 (vigorous).

PA: physical activity; TEE: total energy expenditure.

used in this expedition, some authors have proposed that valine, leucine and isoleucine supplementation prevents loss of muscle mass during acute hypobaric hypoxia<sup>38</sup>. In fact, the intake of these amino acids by the present climbers was similar to levels recommended for the general population. Supplementation with probiotics and glutamine appears to play a major role in immunofunction<sup>39</sup>. With regard to the origin of the protein, some studies have indicated that vegetable proteins produce a small reduction in free fatty acids<sup>40</sup>, which could be beneficial in diets that are very rich in fats.

In contrast to their carbohydrate content, the fat levels of the present diet were excessively elevated (45%). According to the American Dietetic Association and the American College of Sports Medicine<sup>31</sup>, fats should constitute at least 15% but not more than 20-25% of a diet. As mentioned above, fats are not the most efficient energy source under hypoxia conditions. The overconsumption of fats is a frequent observation, both among the general population and in different sports settings, for instance, swimming<sup>41</sup>.

Diets that are very rich in polyunsaturated fatty acids, especially linoleic acid, appear to reduce the absorption and utilization of iron, zinc and magnesium, reducing sports performance<sup>42</sup>. Nevertheless, some authors concluded that the role of linoleic acid remains unclear<sup>39</sup>. It should be taken into account that the present climbers underwent a drastic change in their diet. They all live in a Mediterranean region where fat consumption is largely in the form of olive oil, rich in monounsaturated fats (oleic acid), whereas the fats they consumed during the expedition were usually in the form of soy oil, rich in linoleic acid. Soy oil contains 45-60% linoleic acid, whereas olive oil contains 61-82% oleic acid, which presents greater resistance to auto-oxidation processes and the formation of free radicals<sup>43,44</sup>. If the climbers had used olive oil instead of soy oil, their diet would have contained a much higher proportion of monounsaturated versus polyunsaturated fats.

The well-documented importance of iron, calcium, magnesium and vitamins D and C is even greater in situations of high oxidative stress, such as those produced in high mountains and by adaptation to high altitudes<sup>45,46</sup>. The increased excretion of iron, copper and manganese in intense and prolonged exercise was reported to produce a negative mineral balance<sup>42,47</sup>, although Fogelholm<sup>39</sup> claimed neither the mineral nor vitamin balance is usually a problem for athletes, with the exception of iron and calcium in females. The supply of iron appears to have been adequate in the present study group (mean intake of 17.1 mg/day). Several authors have recommended that iron supplements may be taken up to two to three weeks before an expedition, maximizing iron levels, but once in the mountain they should only be supplied by the daily food intake,

thereby avoiding the release of free radicals produced by iron supplements in hypoxia situations<sup>48,49</sup>. Excessive micronutrient supplementation (mainly vitamin C, B-group vitamins, and iron) during climbs has been contraindicated, since it does not improve sports performance and may have undesirable effects<sup>50</sup>. Nevertheless, vitamin C and general vitamin supplementation appears to be appropriate after exercise<sup>51,52</sup>.

The diet under study showed some interesting qualitative differences with the usual traditional Mediterranean diet<sup>53</sup> of the climbers. It included novel foods such as yak products (meat, butter and cheese) and soy oil instead of olive oil, as mentioned above, and there was an absence or relative scarcity of fish, fruit, and vegetables (table 2).

The nutrient composition of the diet of these mountain climbers was not ideal. It was rich in saturated fats of animal origin and polyunsaturated fats from soy oil and was relatively poor in proteins and especially in carbohydrates, similar to the traditional diets of climbers. This type of nutrition does not favour acclimatization, because metabolism of the excessive fats requires greater supplies of oxygen at the expense of other tissues. An inadequate carbohydrate intake compromises effective muscle and liver recovery, produces a hyperglycaemia that increases protein catabolism, and accelerates weight loss<sup>54</sup>. The diet had a very low content of antioxidant vitamins, reducing the climbers' defences against free radicals and increasing the risk of damage to cell membranes. In conclusion, the diet of these climbers was not appropriate under these conditions. The lessons drawn from this study will serve to improve the nutritional intake of this team of alpinists during future expeditions.

### Conflict of interest statement

The authors declare that there are no conflicts of interest.

### Acknowledgements

The authors wish to thank Richard Davies for his assistance with the English version. This study was supported by the Junta de Andalucía, Spain (Research Group AGR-255 "Nutrition, Diet and Risk Assessment") and a postdoctoral grant from the University of Granada, Spain.

### References

- Zamboni M, Armellini F, Turcato E, Robbi R, Micciolo R, Todesco T, et al. Effect of altitude on body composition during mountaineering expeditions: interrelationships with changes in dietary habits. *Ann Nutr Metab.* 1996;40(6):315-24.
- Brouns F. Nutritional aspects of health and performance at lowland and altitude. *Int J Sports Med.* 1992;13 Suppl 1:S100-6.
- Westerterp KR. Energy and water balance at high altitude. *News Physiol Sci.* 2001;16:134-7.
- Butterfield GE. Nutrient requirements at high altitude. *Clin Sports Med.* 1999;18:607-21.
- FAO/WHO Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Joint FAO/WHO Expert Consultation Geneva, 2003.
- Rodríguez NR, Di Marco NM, Langley S. American Dietetic Association; Dieticians of Canada; American College of Sports Medicine, American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):709-31.
- Rose MS, Houston CS, Fulco CS, Coates G, Sutton JR, Cymerman A, et al. Operation Everest. II: Nutrition and body composition. *J Appl Physiol.* 1988;65:2545-51.
- Reynolds RD, Lickteig JA, Deuster PA, Howard MP, Conway JM, Pietersma A, et al. Energy metabolism increases and regional body fat decreases while regional muscle mass is spared in humans climbing Mt. Everest. *J Nutr.* 1999;129:1307-14.

9. Bailey DM, Davies B, Milledge JS, Richards M, Williams SR, Jordinson M, et al. Elevated plasma cholecystokinin at high altitude: metabolic implications for the anorexia of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol.* 2000;1:9-23.
10. Westerterp KR, Kayser B. Body mass regulation at altitude. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2006;18(1):1-3.
11. Hamad N, Travis SP. Weight loss at high altitude: pathophysiology and practical implications. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2006;18(1):5-10.
12. Roberts AC, Butterfield GE, Cymerman A, Reeves JT, Wolfel EE, Brooks GA, et al. Acclimatization to 4,300-m altitude decreases reliance on fat as a substrate. *J Appl Physiol.* 1996;81:1762-71.
13. McClelland GB, Hochachka PW & Weber JM. Carbohydrate utilization during exercise after high-altitude acclimation: a new perspective. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1998;95:10288-93.
14. Viitala P, Newhouse IJ. Vitamin E supplementation, exercise and lipid peroxidation in human participants. *Eur J Appl Physiol.* 2004;93:108-15.
15. Schmidt MC, Askeew EW, Roberts DE, Prior RL, Ensign WY Jr, Hesslink RE Jr. Oxidative stress in humans training in a cold, moderate altitude environment and their response to a phytochemical antioxidant supplement. *Wilderness Environ Med.* 2002;13:94-105.
16. Streb P, Aubert S, Gout E, Bigny R. Reversibility of cold- and light-stress tolerance and accompanying changes of metabolite and antioxidant levels in the two high mountain plant species *Soldanella alpina* and *Ranunculus glacialis*. *J Exp Bot.* 2003;54:405-18.
17. Muzika RM, Guyette RP, Zielonka T, Liebhold AM. The influence of O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> on growth of *Picea abies* and *Fagus sylvatica* in the Carpathian Mountains. *Environ Pollut.* 2004;130:65-71.
18. Subudhi AW, Jacobs KA, Hagobian TA, Fattor JA, Fulco CS, Muza SR, et al. Antioxidant supplementation does not attenuate oxidative stress at high altitude. *Aviat Space Environ Med.* 2004;75:881-8.
19. Gámez A, Casas H, Panisello P, Viscor G, Pagés T, Carbonell T. Intermittent exposure to high altitude induces oxidative stress. *Proceedings of V World Congress of Mountain Medicine and High Altitude Physiology*; 2002 Apr 18-22; Barcelona, España: 2002. p. 18-27.
20. Bakonyi T, Radak Z. High altitude and free radicals. *J Sports Sci Med.* 2004;3:64-9.
21. Berglund B. High-altitude training. Aspects of haematological adaptation. *Sports Med.* 1992;14:289-303.
22. Heinicke K, Heinicke I, Schmidt W, Wolfarth B. A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes. *Int J Sports Med.* 2005;26(5):350-5.
23. Wehrli JP, Zuest P, Hallén J, Marti B. Live high-train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes. *J Appl Physiol.* 2006;100(6):1938-45. Epub 2006 Feb 23.
24. FAO/WHO Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation Rome, 2001.
25. Jiménez Cruz A, Cervera Ral P, Bacardi Gascón M. 2001 Novartis-Dietsource version 1.2. q0105071807.
26. Food Composition Table for Use in East Asia. Rome: Food Policy and Nutrition Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1972.
27. Westerterp KR. Limits to sustainable human metabolic rate. *J Exp Biol.* 2001;204(Pt 18):3183-7.
28. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients). National Academy of Sciences. Institute of Medicine. Food and Nutrition Board. 2005.
29. Altman DG, Bland JM. Statistics notes: the normal distribution. *BMJ.* 1995;310(6975):298.
30. Martínez González MA, Sánchez- Villegas A, Faulin-Fajardo J. *Bioestadística Amigable*. Madrid: Díaz de Santos; 2006.
31. Westerterp-Plantenga MS, Westerterp KR, Rubbens M, Verwegen CR, Richelet JP, Gardette B. Appetite at "high altitude" [Operation Everest III (Comex-'97)]: a simulated ascent of Mount Everest. *J Appl Physiol.* 1999;87(1):391-9.
32. Brown MD, Dengel DR, Hogikyan RV, Supiano MA. Sympathetic activity and the heterogenous blood pressure response to exercise training in hypertensives. *J Appl Physiol.* 2002;92(4):1434-42.
33. Veitl V. Optimized nutrition for alpine athletes. *Wien Med Wochenschr.* 2000;150:191-4.
34. Askeew EW. Food for high-altitude expeditions: Pugh got it right in 1954 a commentary on the report by L.G.C.E. Pugh: "Himalayan rations with special reference to the 1953 expedition to Mount Everest". *Wilderness Environ Med.* 2004;15:121-4.
35. Bailey DM, Ainslie PN, Jackson SK, Richardson RS, Ghatei M. Evidence against redox regulation of energy homeostasis in humans at high altitude. *Clin Sci.* 2004;107:589-600.
36. Soares EA, Ishii M, Burini RC. Anthropometric and dietetic study of competitive swimmers from metropolitan areas of the southeastern region of Brazil. *Rev Saude Pub.* 1994;28:9-19.
37. Gleeson M, Bishop NC. Elite athlete immunology: importance of nutrition. *Int J Sports Med.* 2000;21:44-50.
38. Schena F, Guerrini F, Tregnaghi P, Kaiser B. Branched-chain amino acid supplementation during trekking at high altitude. The effects on loss of body mass, body composition, and muscle power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992;65:394-8.
39. Fogelholm M. Dairy products, meat and sports performance. *Sports Med.* 2003;33:615-31.
40. Major GC, Doucet E. Energy intake during a typical Himalayan trek. *High Alt Med Biol.* 2004;5:355-63.
41. Paschoal VC, Amancio OM. Nutritional status of Brazilian elite swimmers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14:81-94.
42. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Klevay LM, Milne DB, Sandstead HH. Interactions among dietary fat, mineral status, and performance of endurance athletes: a case study. *Nutr Exerc Metab.* 2002;12:381-3.
43. Nagyova A, Haban P, Klvanova J, Kadrabova J. Effects of dietary extra virgin olive oil on serum lipid resistance to oxidation and fatty acid composition in elderly lipidemic patients. *Bratisl Lek Listy.* 2003;104:218-21.
44. Vissers MN, Zock PL, Katan MB. Bioavailability and antioxidant effects of olive oil phenols in humans: a review. *Eur J Clin Nutr.* 2004;58:955-65.
45. Position of Dietitians of Canada, the American Dietetic Association, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. (No authors listed). *Can J Diet Pract Res.* 2000;61:176-92.
46. Askeew EW. Work at high altitude and oxidative stress: antioxidant nutrients. *Toxicology.* 2002;180:107-19.
47. Nasolodin VV, Gladkikh IP, Meshcheriakov SI. Providing athletes with trace elements during intensive exercise. *Gig Sanit.* 2001;1:54-7.
48. Boning D, Cristancho E, Serrato M, Reyes O, Mora M Coy L, Rojas J. Hemoglobin mass and peak oxygen uptake in untrained and trained female altitude residents. *Int J Sports Med.* 2004;25:561-8.
49. Hinton PS, Sinclair LM. Iron supplementation maintains ventilatory threshold and improves energetic efficiency in iron-deficient nonanemic athletes. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61(1):30-9. Epub 2006 Jul 12.
50. Bryant RJ, Ryder J, Martino P, Kim J, Craig BW. Effects of vitamin E and C supplementation either alone or in combination on exercise-induced lipid peroxidation in trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 2003;17:792-800.
51. Thompson D, Williams C, McGregor SJ, Nicholas CW, McArdle F, Jackson MJ, et al. Prolonged vitamin C supplementation and recovery from demanding exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001;11:466-81.
52. Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology.* 2003;189:41-54.
53. Tur JA, Romaguera D, Pons A. Food consumption patterns in a Mediterranean region: does the Mediterranean diet still exist? *Ann Nutr Metab.* 2004;48:193-201.
54. Kayser B. Nutrition and energetics of exercise at altitude. Theory and possible practical implications. *Sports Med.* 1994;17(5):309-23.



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

## Pre-exercise high concentration carbohydrate supplementation impairs the performance on high intensity cycling exercise

M. V. de Sousa<sup>a</sup>, L. R. Altimari<sup>b,c</sup>, A. H. Okano<sup>b,c</sup>, C. F. Coelho<sup>d</sup>, J. M. Altimari<sup>e</sup>, O. Teixeira<sup>f</sup>, H. G. Simões<sup>f</sup>, R. C. Burini<sup>g</sup> and E. S. Cyrino<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Department of Nutrition. University of Mogi das Cruzes. Mogi das Cruzes, SP, Brazil.

<sup>b</sup>Group of Study and Research in Neuromuscular System and Exercise (GEPESINE). CEFE. State University of Londrina (UEL). PR, Brazil.

<sup>c</sup>Group of Study and Research in Integrative Biology of Exercise (GEPEBIE). Department of Physical Education. CCS. Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), RN, Brazil.

<sup>d</sup>Faculty of Physical Education. Federal University of Mato Grosso (UFMT), MT, Brazil.

<sup>e</sup>Faculty of Physical Education. State University of Campinas (UNICAMP). Campinas, SP, Brazil.

<sup>f</sup>Department of Physical Education. Catholic University of Brasilia (UCB). Brasilia, DF, Brazil.

<sup>g</sup>Center of Metabolism in Exercise and Nutrition (CeMENutri). School of Medicine. Paulista State University (UNESP). Botucatu, SP, Brazil.

### History of the article:

Received June 2, 2010

Accepted June 17, 2010

### Key words:

Carbohydrate supplementation.

Hormonal responses.

High intensity exercise.

Performance.

Cyclists.

### Palabras clave:

Suplementación de carbohidratos.

Respuestas hormonales.

Ejercicios de alta intensidad.

Rendimiento.

Ciclistas.

### Correspondence:

L.R. Altimari

DEF. State University of Londrina (UEL).

Rodovia Celso Garcia Cid.

Pr 445 km 380, Cx. Postal 6001.

CEP 86051-990, Londrina, PR, Brazil.

E-mail: altimari@uel.br

### ABSTRACT

**Objectives.** To evaluate the effects of pre-exercise high concentration carbohydrate supplementation on performance, cardiovascular, metabolic and hormonal responses during high intensity cycling exercise.

**Method.** Seven male cyclists (28.7 ± 5.4 years; 65.2 ± 4.7 kg body weight), who performed two continuous exercise trials under placebo (PLA) or carbohydrate (CHO) ingestion at a work rate of 80% VO<sub>2max</sub> until exhaustion, participated in the study. The cyclists received 5 ml.kg<sup>-1</sup> of a maltodextrin solution diluted at a concentration of 10% (CHO) or placebo (PLA) at 60, 45 and 30 min pre-exercise.

**Results.** A 5.4% reduction in the time to exhaustion was observed in the CHO trial compared to the PLA trial. In both trials, glucose and lactate levels were higher in the post-trial condition compared to pre-exercise values (p < 0.05). Free fatty acid levels were lower in the CHO group than in the PLA group both before and after the trial (p < 0.05). Insulinemia was higher during the pre-trial in the CHO group (42.7 ± 3.6 μU.ml<sup>-1</sup>) compared to the PLA condition (11.8 ± 3.3 μU.ml<sup>-1</sup>) (p < 0.05), and even decreased to 23.8 ± 5.1 μU.ml<sup>-1</sup> during exercise after CHO intake (p < 0.05). No significant differences in plasma cortisol were observed between the two trials (p > 0.05).

**Conclusions.** Pre-exercise high concentration CHO supplementation resulted in impaired performance in high intensity cycling exercise and decreased free fatty acid levels.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### RESUMEN

#### La suplementación pre-ejercicio con carbohidrato de alta concentración perjudica el rendimiento en el ejercicio de alta intensidad en bicicleta

**Objetivos.** Evaluar los efectos de la suplementación pre-ejercicio de hidratos de carbono de alta concentración en el rendimiento y respuestas cardiovasculares, metabólicas y hormonales durante el ejercicio de alta intensidad en bicicleta.

**Método.** Participaron en el estudio siete ciclistas varones (28,7 ± 5,4 años; 65,2 ± 4,7 kg de peso corporal), que realizaron dos ensayos con placebo (PLA) e hidratos de carbono (CHO), con ejercicio continuo en un ritmo de trabajo del 80% del VO<sub>2máx</sub> hasta el agotamiento. Los ciclistas recibieron 5 ml.kg<sup>-1</sup> de una solución diluida de maltodextrina en una concentración de 10% (CHO) o placebo (PLA) a los 60, 45 y 30 minutos antes del ejercicio.

**Resultados.** Se observó una reducción de 5,4% en el tiempo hasta el agotamiento en el ensayo de CHO en comparación con el grupo PLA. En ambos ensayos, la glucosa y los niveles de lactato fueron mayores en el estado posterior al ejercicio en comparación con los valores previos (p < 0,05). Los niveles de ácidos grasos libres fueron menores en el grupo CHO que en el grupo PLA tanto antes como después del ejercicio (p < 0,05). La insulinemia fue mayor en la condición pre-ejercicio en el grupo CHO (42,7 ± 3,6 μU.ml<sup>-1</sup>) en comparación con el grupo PLA (11,8 ± 3,3 μU.ml<sup>-1</sup>) (p < 0,05), y disminuyó hacia 23,8 ± 5,1 μU.ml<sup>-1</sup> durante el ejercicio, después de la ingesta de CHO (p < 0,05). No hubo diferencias significativas en el cortisol plasmático entre los dos ensayos (p > 0,05).

**Conclusiones.** La suplementación pre-ejercicio con CHO de alta concentración resulta en un menor rendimiento en ejercicio de alta intensidad en bicicleta y en una disminución de los niveles de ácidos grasos libres.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

## Introduction

In contrast to the consistently observed beneficial effect of the ingestion of carbohydrates (CHO) during low-intensity exercise<sup>1</sup>, the efficacy of pre-exercise CHO ingestion is unclear, especially in the case of high-intensity exercise such as some athletic competitions, cycling and various types of weight lifting<sup>2-7</sup>.

Some studies have demonstrated that CHO ingestion before exercise may result in hyperglycemia and hyperinsulinemia<sup>8</sup>, which is followed by a rapid decline in blood glucose at the beginning of exercise, often referred to as rebound hypoglycemia<sup>3,7</sup>. This hypoglycemic effect resulting in impaired performance has been reported by Keller and Schwarzkopf<sup>9</sup> and Foster et al<sup>10</sup>, but no changes in performance were observed in most studies<sup>6,7,11-13</sup>. Beneficial effects on performance have only been reported in some studies<sup>14-16</sup>.

Most studies investigating pre-exercise CHO supplementation have used concentrations ranging from 5 to 18%<sup>2,4,17,18</sup>. High CHO concentrations promote CHO absorption, which is good for fuel supplementation. However, high concentrations may impair the gastric emptying rate and intestinal water absorption<sup>1</sup>. In contrast, low concentrations benefit fluid absorption but may not supply sufficient energy to meet the needs of working muscles during exercise<sup>19,20</sup>.

According to Jacobs and Sherman<sup>21</sup> and Tsintzas and Williams<sup>22</sup>, pre-exercise CHO ingestion can exert a beneficial effect during intense exercise since muscle glycogen stores are the first substrates utilized during maximum exercise, a fact contributing to a reduction of these stores within short periods of time.

Data in the literature regarding the importance of pre-exercise CHO ingestion are controversial, particularly on high-intensity short-duration exercise<sup>20</sup>, since most studies published so far have evaluated prolonged exercise. Additionally, there is a lack of studies seeking to investigate the impact of the ingestion of a high concentration of CHO in this type of exercise, which makes relevant this study. In addition, we believe that investigations of this nature may contribute to better understand the effects of such supplementation with the purpose to potentiate the performance of athletes of different modalities.

Therefore, the objective of the present study was to analyze the effects of acute supplementation with CHO at a concentration of 10% on performance and cardiorespiratory, metabolic and hormonal responses during high intensity continuous exercise in cyclists.

## Methods

### Subjects

Seven male cyclists ( $28.7 \pm 5.3$  years,  $65.2 \pm 4.7$  kg,  $169.1 \pm 6.2$  cm) belonging to the road ( $n = 2$ ) and mountain biking ( $n = 5$ ) categories volunteered to participate in this study. The subjects had a mean competitive experience of  $6.17 \pm 4.7$  years and participated in state and national competitions. Before the beginning of the study, each participant responded to a questionnaire in which they reported the absence of smoking, alcohol abuse, and use of anabolic steroids or any type of supplementation, as well as the absence of a history of metabolic disorders. All subjects received detailed information about the study proposal and procedures to which they would be submitted and signed a free informed consent form. This study was approved by the local Institutional Research Ethics Committee.

### Preliminary trials

Initially, anthropometric measures were performed to characterize the sample as well as a pilot test aimed to familiarize the subjects to the test protocol and the equipments. Later, the volunteers arrived at the laboratory at 8:00 am and were submitted to an incremental test for the determination of maximal oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) and the individual anaerobic threshold (IAT).

First, the subjects performed a 3-minutes warm-up on a cycle ergometer at a load of 50 W. Next, the incremental test was initiated with a load increase of 50 W at intervals of 3-minutes, maintaining a pedaling frequency of 60 to 70 rpm until voluntary exhaustion.  $VO_{2max}$  was calculated when the  $VO_2$  plateau was reached with increasing exercise intensity according to the following criteria: a) increase in  $VO_2$  of less than  $2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  for an increase of 5-10% in exercise intensity; b) respiratory exchange ratio (RER)  $> 1.1$ , and c) maximal heart rate predicted for age.

Lactate concentration was measured for the determination of IAT. For this purpose,  $25 \mu\text{l}$  arterial blood was collected at baseline (pre-exercise), during the final 20 seconds of each stage until exhaustion, and at 3, 5 and 10 minutes after the end of the trial. The IAT was calculated according to the method of Stegmann et al<sup>23</sup>. Heart rate was measured at rest and during the test over the final seconds of each stage.

### Experimental trials

All subjects were submitted to two continuous exercise trials on a cycle ergometer under supplementation with CHO or PLA (aspartame). Supplementation with CHO or PLA was performed using a randomized double-blind design. The subjects received  $15 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  of CHO solution (100% maltodextrin) diluted at a concentration of 10% or of PLA, both grape flavored. The CHO or PLA solution was ingested orally in fractionated portions over a period of 60 minutes preceding the beginning of each trial (pre-exercise), with  $5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$  being ingested at 60, 45 and 30 minutes, respectively.

The trials were performed on different days at an interval of 72 hours between tests, always at the same time of day (9:00 am). The trials were performed at a power (W) of 80%, corresponding to  $VO_{2max}$  determined in the incremental test. First,  $VO_2$  was measured at rest for 3 minutes, with the mean of this period being adopted as the resting oxygen consumption ( $VO_{2R}$ ). Next, the subjects warmed up for 5 minutes at a load of 100 W. After warm-up, the continuous exercise trial was initiated, with the subjects maintaining a pedaling frequency of 70 to 80 rpm until voluntary exhaustion. Heart rate was measured at rest and at the end of the trial for both conditions.

In the present study, all trials were performed on an electromagnetic cycle ergometer (Corival 400, Quinton®, USA). Respiratory parameters were measured continuously with an open-circuit spirometric system (QMC™ 90 Metabolic Cart, Quinton®, Bothell, USA) using the breath-by-breath technique. After each trial, the gas analyzer was calibrated using a 3-L Hans Rudolf 5530 calibration syringe and a mixture of 5%  $\text{CO}_2$  and 95%  $\text{N}_2$ . The data were processed in an IBM computer by the calculation of minute ventilation (VE),  $VO_2$ , carbon dioxide production ( $\text{CO}_2$ ), and the ratio between carbon dioxide production and oxygen consumption (RER). Heart rate was measured by telemetry using a heart rate monitor (Vantage NV, Polar®, Kempele, Finland). The room temperature and relative air humidity were maintained at 21 to 24 °C and 40 to 60%, respectively.

The subjects were asked not to use sedatives, not to smoke and not to ingest alcoholic beverages or products containing caffeine on the days preceding each trial to prevent any interference. The subjects were also instructed not to perform any type of physical exercise during the 48 hours preceding the trials, and to communicate any change in their health status that occurred during the 24 hours preceding the experiment.

A diet corresponding to the dietary habits of each subject was elaborated (3,172.50 kcal; 67.5% CHO, 18.6% fat and 13.9% protein). The subjects were instructed to follow this diet throughout the experimental period. On the day of the trials the subjects arrived at the laboratory after an overnight fast and consumed a standard breakfast (415.0 kcal; 68.5% CHO, 18.5% fat and 13.4% protein) 2 hours before the exercise test. Data regarding the quantity and quality of the ingested foods were processed using the Virtual Nutri software, version 1.0.

### Blood sampling and analysis

Venous blood (5 ml) was collected from a peripheral vessel in the right forearm into a vacutainer before warm-up and immediately after the continuous exercise trial (80%  $VO_{2max}$ ). The samples were centrifuged at 3,000 rpm for 15 minutes at 4 °C and plasma was stored in a freezer at -70 °C for subsequent determination of plasma concentrations of free fatty acids (FFA), glucose, insulin and cortisol.

FFA were determined by the method of Regouw et al<sup>24</sup> and samples were read in a spectrophotometer (UV-VIS®, Shimadzu Mini 1240, Japan). Plasma glucose was assayed by an enzymatic colorimetric method (Bio Diagnostica) in an RA-XT apparatus (Technicon Co., USA). Plasma insulin was measured by radioimmunoassay (Gamma 5500B, Beckman Co., Germany) and plasma cortisol was determined by chemiluminescence (Immunolite 2.0, USA).

For the determination of blood lactate concentration, 25 µl of arterial blood was collected from the ear lobe into a heparinized capillary tube at the same time as the venous samples. Blood lactate concentration was determined with an electrochemical analyzer (YSL 2300 STAT, Yellow Spring Co., USA).

### Statistical analysis

The results were analyzed using the Statistica™ for Windows 6.0® (Statsoft Inc., USA) package. First, it was calculated the power of the sample based in the time of exhaustion pre-exercise. The statistic power of the sample was 80%. The time to exhaustion in the continuous exercise trial was compared between the CHO and PLA groups by the Wilcoxon test. Possible differences in VE,  $VO_2$ , RER, heart rate, FFA, lactate, glucose, insulin and cortisol obtained at the different times of the study (pre- and post-supplementation with CHO and PLA) were analyzed by analysis of variance for repeated measures (Friedman test). The level of significance was set at  $p < 0.05$ .

### Results

The physiological variables of the subjects obtained in the incremental test are shown in table 1.

As shown in figure 1, athletes supplemented with CHO presented a significant reduction in the mean time to exhaustion in the continuous exercise trial (CHO: 15.82 ± 1.99 minutes, PLA: 16.72 ± 1.98 minutes,  $p < 0.05$ ).

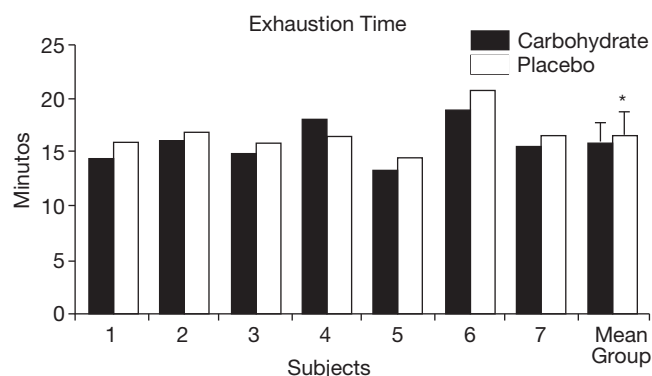
**Table 1**

Physiological variables obtained in the incremental test, maximum blood lactate concentration and blood lactate at the individual anaerobic threshold

Variable	Mean	SD
$VO_{2max}$ (ml/kg.min <sup>-1</sup> )	56.9	4.2
HR <sub>MAX</sub> (bpm <sup>-1</sup> )	184.9	12.0
W <sub>MAX</sub> (W)	321.4	39.3
80% W <sub>MAX</sub> (W)*	257.1	31.5
W <sub>IAT</sub> (W)	239.2	28.3
W <sub>IAT</sub> (% W <sub>MAX</sub> )	74.5	1.3
% $VO_{2IAT}$ (% $VO_{2max}$ )	82.8	2.9
HR <sub>IAT</sub> (bpm <sup>-1</sup> )	170.0	12.4
HR <sub>IAT</sub> (%HR <sub>MAX</sub> bpm <sup>-1</sup> )	91.9	1.0
[LA] <sub>IAT</sub> (mmol.l <sup>-1</sup> )	4.8	0.8
[LA] <sub>MAX</sub> (mmol.l <sup>-1</sup> )	11.5	1.9

\*Power used in the continuous exercise trial. Mean (±SD).

bpm: beats per minute; HR: heart rate; LA: blood lactate concentration; IAT: individual anaerobic threshold; SD: standard deviation;  $VO_2$ : oxygen consumption; W: power.



**Fig. 1.** Individual and mean (± SD) time to exhaustion in the continuous exercise trial (80%  $VO_{2max}$ ) after supplementation with carbohydrate and placebo.

\*Significant difference ( $p < 0.05$ ).

**Table 2**

Cardiorespiratory variables obtained during the continuous exercise trial (80%  $VO_{2max}$ ) for the conditions of pre- and post-supplementation with carbohydrate and placebo

Variable	CHO		PLA	
	Pre	Post	Pre	Post
$VO_2$ (ml/kg.min <sup>-1</sup> )	5.50 <sup>s</sup> ± 0.13	57.46 ± 1.79	5.57 <sup>s</sup> ± 0.18	56.98 ± 1.73
VE (l.min <sup>-1</sup> BTPS)	13.52 <sup>s</sup> ± 0.54	141.22 ± 6.26	12.96 <sup>s</sup> ± 0.29	145.11 ± 6.11
RER	0.95* <sup>s</sup> ± 0.01	1.19* ± 0.01	0.85* <sup>s</sup> ± 0.01	1.04* ± 0.02
HR (bpm <sup>-1</sup> )	57.00 <sup>s</sup> ± 2.40 <sup>s</sup>	182.43 ± 3.96	55.42 <sup>s</sup> ± 2.28	181.00 ± 4.07

\*: pre CHO ≠ pre PLA  $p < 0.05$ ; & = post CHO ≠ post PLA  $p < 0.05$ ; \$ = pre ≠ post  $p < 0.05$ .

Mean (± SD).

bpm: beats per minute; BTPS: body temperature and pressure; saturated;

CHO: carbohydrate; HR: heart rate; PLA: placebo; RER: respiratory exchange ratio;

VE: minute ventilation;  $VO_2$ : oxygen consumption.

The RER was significantly higher in the CHO group (0.95 ± 0.01 and 1.19 ± 0.01, pre- and post-trial,  $p < 0.05$ , respectively) than in the PLA group. In addition, all cardiorespiratory variables were significantly higher after the trial when compared to pre-trial values (table 2).

FFA levels were significantly lower in the CHO group compared to the PLA group both before and after the trial (pre: 0.12 ± 0.01 vs 0.18 ± 0.02 mmol.l<sup>-1</sup> and post: 0.10 ± 0.02 vs 0.21 ± 0.02 mmol.l<sup>-1</sup>,  $p < 0.05$ , respectively) (table 3).

A significant reduction of insulin was observed in the CHO trial after exercise (23.8 ± 5.1 µU.ml<sup>-1</sup>) when compared to the pre-trial condition (42.7 ± 3.6 µU.ml<sup>-1</sup>) ( $p < 0.05$ ). The opposite was observed in the PLA trial

**Table 3**

Metabolic and hormonal variables obtained during the continuous exercise trial (80% VO<sub>2max</sub>) for the conditions of pre- and post-supplementation with carbohydrate and placebo

Variable	CHO		PLA	
	Pre	Post	Pre	Post
[LA] (mmol.l <sup>-1</sup> )	1.7 ± 0.1 <sup>s</sup>	13.5 ± 1.8	1.6 ± 0.1 <sup>s</sup>	11.0 ± 1.2
Glucose (mg/dl)	96.4 ± 8.6 <sup>s</sup>	135.4 ± 11.3	88.2 ± 4.5 <sup>s</sup>	129.2 ± 7.3
FFA (mmol.l <sup>-1</sup> )	0.12 ± 0.01*	0.10 ± 0.02 <sup>s</sup>	0.18 ± 0.02*	0.21 ± 0.02 <sup>s</sup>
HR (bpm <sup>-1</sup> )	57.00 <sup>s</sup> ± 2.40 <sup>s</sup>	182.43 ± 3.96	55.42 <sup>s</sup> ± 2.28	181.00 ± 4.07

\*: pre CHO ≠ pre PLA p < 0.05; &: post CHO ≠ post PLA p < 0.05; \$: pre ≠ post p < 0.05. Mean (± SD).

bpm: beats per minute; CHO: carbohydrate; FFA: free fatty acids; HR: heart rate; LA: blood lactate concentration; PLA: placebo.

(pre: 11.8 ± 3.3 and post: 17.7 ± 4.9 μU.ml<sup>-1</sup>, p < 0.05). Pre-trial insulin concentration was significantly higher in the CHO group (42.7 ± 3.6 μU.ml<sup>-1</sup>) than in the PLA group (11.8 ± 3.3 μU.ml<sup>-1</sup>) (p < 0.05) (table 3). With respect to plasma cortisol concentration, no significant differences were observed between both groups (p > 0.05).

## Discussion

In the present study, we investigated the effects of pre-exercise high concentration carbohydrate supplementation on the performance and cardiovascular, metabolic and hormonal responses of cyclists before and after a high-intensity short-duration exercise protocol. The exercise sessions were performed at a high intensity, a fact that can be confirmed by the heart rate, VE, VO<sub>2</sub> and lactate responses.

No ergogenic effect on the performance of the participants was observed after pre-exercise CHO supplementation (~98 g) at a concentration of 10%. The performance (time to exhaustion) was reduced by 0.9 minutes (5.4 ± 0.51%) compared to PLA. Unlike our findings, Bonen et al<sup>6</sup> and Koivisto et al<sup>7</sup> investigated the impact of pre-exercise CHO supplementation (1.5 g/kg and 1.0 g/kg, respectively) at a concentration of 20% and 30%, on the cycling performance in a short duration, high intensity continuous exercise protocol (80% VO<sub>2max</sub>), and found no significant changes in performance, although they observed higher time-to-exhaustion values in the placebo condition (~10%). The authors suggested that this decrease in performance after CHO ingestion could be related with hyperglycemia and hyperinsulinemia, which is followed by a rapid decline in blood glucose at the beginning of exercise, often referred to as rebound hypoglycemia.

In contrast, an opposite effect was reported by Millard-Stafford et al<sup>25</sup>, who showed a significant increase of 17 and 14 seconds in 1.6-km performance runs with 8% (80 g) and 6% (60 g) CHO drinks, respectively, when 1 liter of the CHO drink was ingested 60 minutes before exercise, followed by *ad libitum* ingestion during exercise as compared to a water-only trial.

In the present study, after exercise, the glycemic response was higher compared to the pre-exercise condition and no significant difference was observed between the CHO and PLA trials. The observation of these elevated glucose levels after exercise also in the PLA trial (~68%) was probably due to a marked increase in hepatic glycogenolysis stimulated by the higher concentration of catecholamines and cortisol which increase proportionally with exercise intensity<sup>2,26</sup>. According to Davis et al<sup>18</sup> and Tsintzas and Williams<sup>22</sup>, the rate of catecholamine release also increases with increasing intensity, with the

liver releasing more glucose in relation to the amount taken up by active muscles. This increase of glucose levels in the PLA trial possibly resulted in an increase of plasma insulin concentration, a response also reported in the recent study of de Sousa et al<sup>2</sup>, emphasizing the particularity of high-intensity exercise. Particularly for this group, it should be emphasized that both the diet ingested on the day before the trials (~535 g CHO) and the breakfast consumed before the beginning of the exercise protocol (~71 g) may have increased muscle and hepatic glycogen stores in these athletes.

The present findings demonstrate that CHO ingestion before exercise (~98 g/10%) resulting in a ~30 μU/ml increase of plasma insulin concentration (~3.7 times higher compared to the PLA trial), reduced fat free acids (~47%), a fact that may contributed to the increase of the RER in the CHO trial. RER during cycling were significantly higher during CHO than PLA, suggesting a greater CHO utilization. Similar findings have been reported by Febbraio et al<sup>11</sup>, Cramp et al<sup>27</sup>, Horowitz et al<sup>28</sup> and Hargreaves et al<sup>29</sup>. Furthermore, in the present study insulin concentration was found to be reduced during exercise, a response similar to that observed for continuous long-duration exercise. According to Hayashi et al<sup>30</sup>, muscle contraction during exercise stimulates AMPK, particularly its α2 isoform, inducing the translocation of GLUT-4 to the plasma membrane and increasing glucose uptake. This activity of skeletal muscle α2-AMPK was 3- to 4-fold higher immediately after high-intensity exercise (75% VO<sub>2max</sub> for 60 minutes), whereas no activation was observed after low-intensity exercise (50% VO<sub>2max</sub> for 90 minutes).

In view of the above considerations, the reduced FFA concentration and increased RER observed for pre-exercise CHO supplementation may indicate a higher rate of CHO oxidation. Although we did not determine the muscle glycogen content of the cyclists, the use of CHO supplementation as an exogenous energy source probably resulted in a lower utilization of muscle glycogen stores, a finding also observed by Jentjens and Jeukendrup<sup>5</sup> and Jeukendrup et al<sup>19</sup>. Therefore, the present results cannot be extrapolated to all situations.

On the basis of the present results, we conclude that pre-exercise high concentration CHO supplementation impaired the performance of cyclists by 5.4 ± 0.51% and probably reduced muscle glycogen depletion (glycogenolysis), but did not attenuate the cortisol or heart rate response. Further studies focusing on the use of exogenous glucose are necessary to evaluate the effect of CHO supplementation during short-duration (less than 60 minutes), high-intensity exercise that imitates the demands of many competitive sports in terms of performance and metabolic and hormonal responses.

## Acknowledgements

The authors thank the Fundação ARAUCÁRIA, FAPESP, the CNPq and the CAPES, for graduate and post-graduate scholarships.

## References

- American Dietetic Association, Dietitians of Canada, American College of Sports Medicine, Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:709-31.
- De Sousa MV, Simões HG, Oshiiwa M, Rogero MM, Tirapegui. Effects of acute carbohydrate supplementation during sessions of high intensity-intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:57-63.
- Seifert JG, Paul GL, Eddy DE, Murray R. Glycemic and insulinemic response to pre-exercise carbohydrate feedings. *Int J Sport Nutr.* 1994;4:46-53.



4. Morris JG, Nevill ME, Thompson D, Collie J, Williams C. The influence of a 6.5% carbohydrate-electrolyte solution on performance of prolonged intermittent high-intensity running at 30 °C. *J Sports Sci.* 2003;21:371-81.
5. Jentjens RL, Jeukendrup AE. Prevalence of hypoglycemia following pre-exercise carbohydrate ingestion is not accompanied by higher insulin sensitivity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2002;12:398-413.
6. Bonen A, Malcolm SA, Kilgour RD, MacIntyre KP, Belcastro AN. Glucose ingestion before and during intense exercise. *J Appl Physiol.* 1981;50:766-71.
7. Koivisto VA, Karonen SL, Nikkila EA. Carbohydrate ingestion before exercise: comparison of glucose, fructose, and sweet placebo. *J Appl Physiol.* 1981;51:783-7.
8. O'Reilly J, Wong SH, Chen Y. Glycaemic index, glycaemic load and exercise performance. *Sports Med.* 2010;40:27-39.
9. Keller KR, Schwarzkopf R. Pre-exercise snacks may decrease exercise performance. *Physician Sports Med.* 1984;12:89-91.
10. Foster C, Costill DL, Fink WJ. Effects of pre-exercise feedings on endurance performance. *Med Sci Sports.* 1979;11:1-5.
11. Febbraio MA, Chiu A, Angus DJ, Arkininstall MJ, Hawley JA. Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol.* 2000;89:2220-6.
12. Sparks MJ, Selig SS, Febbraio MA. Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;30:844-9.
13. Decombaz J, Sartori D, Arnaud MJ, Thelin AL, Schurch P, Howald H. Oxidation and metabolic effects of fructose or glucose ingested before exercise. *Int J Sports Med.* 1985;6:282-6.
14. Speedy D, Kelly M, O'Brien M. The effect of pre-exercise feeding on endurance exercise performance. *N Z J Sports Med.* 1998;26:34-7.
15. Sherman WM, Peden MC, Wright DA. Carbohydrate feedings 1 hour before exercise improves cycling performance. *Am J Clin Nutr.* 1991;54:866-70.
16. Thomas DE, Brotherhood JR, Brand JC. Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index. *Int J Sports Med.* 1991;12:180-6.
17. Millard-Stafford M, Roszkopf LB, Snow TK, Hinson BT. Water versus carbohydrate-electrolyte ingestion before and during a 15 km run in the heat. *Int J Sports Nutr.* 1997;7:26-38.
18. Davis JM, Jackson DA, Bradwell MS, Queary JL, Lambert CL. Carbohydrate drinks delay fatigue during intermittent, high-intensity cycling in active men and women. *Int J Sport Nutr.* 1997;7:261-73.
19. Jeukendrup AE, Wagenmakers AJ, Stegen JH, Gijzen AP, Brouns F, Saris WH. Carbohydrate ingestion can completely suppress endogenous glucose production during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 1999;276:E672-83.
20. Coombes JS, Hamilton KL. The effectiveness of commercially available sports drinks. *Sports Med.* 2000;29:181-209.
21. Jacobs KA, Sherman WM. The efficacy of carbohydrate supplementation and chronic high-carbohydrate diets for improving endurance performance. *Int J Sport Nutr.* 1999;9:92-115.
22. Tsintzas K, Williams C. Human muscle glycogen metabolism during exercise. *Sports Med.* 1998;25:7-23.
23. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med.* 1981;2:160-5.
24. Regouw BJ, Cornelissen PJ, Helder RA, Spijkers JB, Weeber YM. Specific esterification of free fatty acid in plasma. *Clin Chim Acta.* 1971;31:187-95.
25. Millard-Stafford M, Roszkopf L, Snow T, Hinson B. Water versus carbohydrate-electrolyte ingestion before and during a 15 km run in the heat. *Int J Sports Nutr.* 1997;7:26-38.
26. Marliss EB, Vranic M. Intense exercise has unique effects on both insulin release and its roles in glucoregulation. *Diabetes.* 2002;51:271S-83S.
27. Cramp T, Broad E, Martin D, Meyer BJ. Effects of preexercise carbohydrate ingestion on mountain bike performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:1602-9.
28. Horowitz J, Jeffrey F, Mora-Rodriguez RO, Byerley L, Coyle E. Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise. *Am J Physiol.* 1997;273:E768-75.
29. Hargreaves M, Briggs CA. Effect of carbohydrate ingestion on exercise metabolism. *J Appl Physiol.* 1988;65:1553-5.
30. Hayashi Y, Nagasaka S, Takahashi N, Kusaka I, Ishibashi S, Numao S, et al. Single bout of exercise at higher intensity enhances glucose effectiveness in sedentary men. *J Clin Endocrinol Metab.* 2005;90:4035-40.



Original

## Repercusión de la hipercifosis sobre variables antropométricas y funcionales

F. Zurita Ortega<sup>a</sup>, M. Fernández Sánchez<sup>b</sup>, C. López Gutiérrez<sup>a</sup> y R. Fernández García<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Área de Corporal de la Facultad de Educación y Humanidades. Campus de Melilla. Universidad de Granada. Melilla. España.

<sup>b</sup>Departamento de Enfermería y Fisioterapia. Escuela de Ciencias de la Salud. Universidad de Almería. Almería. España.

### Historia del artículo:

Recibido el 19 de enero de 2010

Aceptado el 7 de abril de 2010

### Palabras clave:

Hipercifosis.

Obesidad.

Flexibilidad.

Prueba de Adams.

IMC.

Escolares.

### RESUMEN

**Objetivos.** Este estudio evaluó la relación entre la presencia de hipercifosis con una serie de variables de tipo sociodemográfico (edad, sexo, zona de procedencia), antropométricas (obesidad) y funcionales (capacidad flexora).

**Método.** La selección definitiva de la muestra estuvo compuesta por 2.956 participantes, con una edad media de 9,61 años y pertenecientes a la provincia de Granada, se realizó por muestreo, atendiendo a la composición natural de los grupos y a un criterio de inclusión: estar matriculado en 2.º o 3.º ciclo de educación primaria. Se seleccionaron varios instrumentos de medición (cuestionario, metodología de Adams, peso, altura y prueba de flexión profunda de tronco) para recoger las variables seleccionadas.

**Resultados.** Los resultados indicaron que el 8,5% de los participantes presentaban hipercifosis o actitud cifótica, sin que aparecieran diferencias ni por sexo ni por edad. Por otro lado, el 26,3% de la población seleccionada presentaba índices de obesidad y la flexibilidad media era de 19,34 cm. Asimismo, cabe señalar que por zonas se obtuvieron datos muy dispares. Finalmente, conviene matizar la presencia de correlación entre hipercifosis, obesidad y flexibilidad.

**Conclusiones.** Casi una décima parte de los participantes presentó hipercifosis; asimismo un cuarto de la población tenía sobrepeso u obesidad, con una capacidad flexora de tronco de 19,34 cm. Por tanto, debemos resaltar la necesidad de crear programas de ejercicios y salud con enfoque multidisciplinar, adaptados a las necesidades individuales de cada persona y el fomento en la construcción de nuevas y modernas infraestructuras deportivas en todas las zonas de ámbito rural de la provincia de Granada, para que las personas con esta alteración puedan disfrutar de una mayor oferta deportiva y mejoren sustancialmente su patologías de columna (hipercifosis).

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

#### The impact of kyphosis on anthropometric and functional variables

**Objectives.** This study assessed the relationship between the presence of attitude and kyphosis kyphotic, with a range of socio-demographic type variables (age, gender, location of source), anthropometric (obesity) and functional (ability flexor).

**Method.** The final selection of the sample consisted of 2.956 participants with a mean age of 9,61 years and belong to the province of Granada, sampling was performed in response to the natural composition of the groups as a criterion for inclusion being enrolled in 2nd and 3rd cycle of primary education. We selected several measuring instruments (questionnaire, methodology Adams, weight, height and depth of test trunk flexion) for collecting the selected variables.

**Results.** The results indicated that 8,5% of participants had kyphosis or kyphotic attitude, not appearing or gender differences or age. On the other hand, 26,3% of the target population showed obesity rates and flexibility, was 19,34 cm. It also noted that areas disparate data were finally advisable to qualify the presence of correlation between kyphosis, obesity, and flexibility.

**Conclusions.** Almost a tenth of the participants presented kyphosis, also a quarter of the population were overweight or obese, where the capacity of trunk flexor 19.34 cm, so we highlighting the need for exercise and health programs with a multidisciplinary approach tailored to the individual needs of each person and encouraging the construction of new modern sports facilities in all rural areas of the province of Granada to the people with this disorder may enjoy a greater range of sport and improve substantially their spine pathologies (kyphosis).

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### Key words:

Kyphosis.

Obesity.

Flexibility.

Test Adams.

IMC.

School.

### Correspondencia:

F. Zurita Ortega

C/ Sainz Cantero n.º 1 2.º izqda.

18002 Granada. España.

Correo electrónico: felixzo@ugr.es

## Introducción

El aumento sistemático de las llamadas enfermedades del siglo xx (obesidad, enfermedades cardiovasculares, estrés, lumbalgias, etc.), junto con el aumento del consumo de sustancias nocivas inciden negativamente en la población escolar, si bien son las alteraciones ortopédicas del raquis las que han experimentado un mayor crecimiento en ella. (Balagué et al<sup>1</sup>, Tapio<sup>2</sup>, Salminen et al<sup>3</sup>, Tangona<sup>4</sup>, Kumar y Singh<sup>5</sup> y Pernille et al<sup>6</sup>).

Conceptualmente, la hiperCIFOSIS es la desviación de la columna vertebral en el plano sagital con aumento de la curvatura dorsal fisiológica (*Scoliosis Research Society*<sup>7</sup>). Ésta se corrige en decúbito prono o con posiciones ergonómicas correctas (sobre todo en escolares); el principal problema lo constituye su aspecto estético (González<sup>8</sup>).

Es a los 11 años cuando comienzan las deformaciones detectables por procedimientos radiológicos, y es a partir de los 12-13 años cuando se produce una encorvadura mayor de la espalda, con predominio en el sexo masculino, que afecta fundamentalmente a la región dorsal y, en ocasiones, a la región lumbar, que provoca mayores cuadros álgicos.

La epidemiología de esta deformidad raquídea varía entre los diferentes autores consultados, así Almagro en 1984 (en Marín et al<sup>9</sup>), encuentran un 7% de hiperCIFOSIS y actitud mientras que Marín et al<sup>9</sup>, citan en su estudio un 1,28% de CIFOSIS dorsal con una proporción de 3 a 1 en favor de los niños; también es importante destacar la alta prevalencia encontrada en escolares por Ascani et al<sup>10</sup>, Drummon et al<sup>11</sup>, Salminen<sup>12</sup> y Nietzsche e Hildrebrand<sup>13</sup>.

Esta alteración constituye un motivo frecuente de consulta. En este contexto los padres suelen estar preocupados por la postura adoptada por sus hijos. En el caso de las niñas, éstas en ocasiones sienten vergüenza por el crecimiento de sus mamas y adoptan esta postura encorvada en un intento de disimulo. Del mismo modo los niños, sobre todo cuando son muy altos, suelen tener esta posición tan característica que se conoce como "postura pobre". Korovessis et al<sup>14</sup> exponen que los escolares con hiperCIFOSIS tienen menor calidad de vida e indican la conveniencia de programas escolares que incluyan la detección desde edades tempranas.

Leboulch<sup>15</sup> y González<sup>8</sup> consideran que la movilidad normal de las articulaciones es condición indispensable para lograr una actitud que permita obtener un buen rendimiento funcional, así las deformaciones vertebrales debidas a actitudes viciosas habituales no se mantienen sino cuando la rigidez segmentaria se ha establecido. Al colectivo educador (profesores de Educación Física, fisioterapeutas...) les corresponde evitar tales rigideces por medio de ejercicios de relajación y de flexibilidad al objeto de mantener la amplitud articular y promover el conocimiento del propio cuerpo.

Igualmente la obesidad repercute de forma negativa en todos los sistemas y estructuras de nuestro organismo: son numerosos los autores que han destacado la relación existente entre obesidad y el sistema músculo esquelético. Hernández<sup>16</sup> relata que una de las consecuencias del sobrepeso infantil es la sobrecarga del aparato locomotor, lo que provoca trastornos ortopédicos. En la misma línea, Dule<sup>17</sup>, Cidon<sup>18</sup> y Kelley<sup>19</sup> especifican que la sobrealimentación implica repercusiones negativas para la práctica de actividad física (mayor fatiga y menor capacidad aeróbica) y alteraciones en el aparato locomotor como pies planos, rodillas en genu valgus y columna vertebral (hiperlordosis, escoliosis e hiperCIFOSIS).

En consecuencia, los objetivos planteados en nuestro estudio son:

1) Describir la prevalencia de alteración raquídea (hiperCIFOSIS) en la población escolar de la provincia de Granada y comparar ésta entre los grupos de edad y sexo.

- 2) Detectar la prevalencia de obesidad y valorar la capacidad flexora de los participantes.
- 3) Determinar las posibles relaciones entre el déficit de flexibilidad y el aumento de obesidad en los niños hiperCIFÓTICOS.

## Material y métodos

El estudio se ha desarrollado siguiendo un diseño cuantitativo descriptivo de tipo transversal, realizado sobre el conjunto de la población escolar de entre 8 y 12 años de la provincia de Granada. Se analizó una muestra estructurada representativa y proporcional al número de niños escolarizados en el ámbito de cada una de las siete comarcas definidas dentro de la provincia. Posteriormente se desarrolló un estudio correlacional para analizar el grado de dependencia entre las distintas variables objeto de estudio.

### Selección de la muestra

La muestra empleada en la investigación fue extraída de un total de 19 centros escolares pertenecientes a la provincia de Granada. Se estudiaron las características de cada zona en las clasificaciones realizadas por la Delegación de Granada de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte de la Junta de Andalucía, y se seleccionaron los centros de educación de las diferentes áreas delimitadas, en función de sus características (líneas, tipo de centro y características del alumnado), con el fin de reunir una población lo suficientemente representativa y homogénea.

Posteriormente se concertó una entrevista personal del responsable del programa con los directores de los centros de Enseñanza Primaria seleccionados así como con los servicios médicos correspondientes del área, para informarles del trabajo de investigación que se pretendía llevar a cabo. Se les entregó una carta-solicitud dirigida a la dirección del centro educativo en la que se explicaba el proceso y se solicitaba la colaboración del colegio, con la aceptación de todos los estamentos implicados (consejo escolar, profesores, padres, servicios médicos, etc.).

Igualmente se remitió un modelo de carta informativa para pedir la autorización de los padres de los escolares. Una vez aceptada la propuesta se acordó con el centro la temporalización y espacialidad (gimnasio o aula multiuso con habitación adjunta), las normas (principalmente atuendo deportivo) así como la posible colaboración de algunos miembros (maestros, psicólogos, etc.) para la realización de la prueba. En todos los casos, para mantener el anonimato, la identificación de los sujetos se realizó mediante codificación numérica en su ficha de registro cuya coherencia y resolución permitió emitir los correspondientes informes personalizados a los centros educativos y a los padres de los escolares en relación con las detecciones realizadas. La fecha de los registros estuvo comprendida entre febrero y diciembre de 2008. La selección definitiva se realizó por muestreo consecutivo, atendiendo a la composición natural de los grupos y a un criterio de inclusión: estar matriculado en 2.º o 3.º ciclo de la etapa de educación primaria.

La muestra final fue de 2.956 participantes con una media de edad 9,61 años (rango entre 8 y 12 años), pertenecientes a las 7 zonas geográficas (19 centros escolares) de la provincia de Granada. Posteriormente se desarrolló un estudio correlacional para analizar el grado de dependencia entre las distintas variables objeto de estudio.

### Variables e instrumentación

Las variables empleadas en nuestro trabajo de investigación fueron las siguientes:

- 1) Sexo: masculino y femenino.
- 2) Grupos de edad. Esta variable se dividió en varias subcategorías, que abarcan cinco grupos de edad y coinciden con la edad cronológica.
- 3) Carácter zonal. Fraccionado en siete zonas geográficas de la provincia de Granada (Zona 1: Granada capital; Zona 2: área metropolitana de Granada; Zona 3: Costa de Granada; Zona 4: Guadix y Baza; Zona 5: Alpujarra y Valle de Lecrín; Zona 6: Loja y Poniente Sur; Zona 7: Montes Orientales y Poniente) que abarcan toda su superficie.
- 4) Alteración raquídea. Estructurada en dos categorías: sin patología y presencia de actitud hipercifótica o hipercifosis.
- 5) Obesidad. Dividido en cuatro categorías: bajo peso, normopeso, sobrepeso y obeso.
- 6) Capacidad flexora. Definida según la distancia alcanzada en centímetros.

Estas variables fueron registradas por cuatro instrumentos de valoración:

- 1) Cuestionario modificado utilizado por González et al<sup>20</sup> y Zurita et al<sup>21</sup>. Aparte de la variable carácter zonal, este cuestionario registraba las variables sociodemográficas, descritas en el apartado de variables.
- 2) Prueba de Adams que se considera uno de los recursos más utilizados en la detección de las alteraciones ortopédicas del raquis. Autores como Reamy y Slakey<sup>22</sup>, Gil et al<sup>23</sup> y Skaggs et al<sup>24</sup> confirman la adecuación de esta prueba en salud preventiva, que evita la radiación en participantes escolares. Para la valoración de la prueba, el sujeto debe estar en la posición de bipedestación, con el torso desnudo, descalzo, las rodillas extendidas y los pies juntos. El individuo realiza una flexión anterior de tronco de 50° a 65° según se explore la giba dorsal o la protuberancia lumbar respectivamente; los brazos se posicionan en suspensión vertical con las palmas de ambas manos en oposición. El explorador se sitúa en sedestación en el plano frontal anterior o posterior respecto del sujeto y detecta la giba y/o protuberancia mediante visión tangencial del contorno. El aumento del relieve dorsal o lumbar genera una imagen de la giba y/o protuberancia que en el caso de la hipercifosis será central, a diferencia de la escoliosis donde ésta es asimétrica. El aumento del relieve se consideró positivo en la valoración de la prueba.
- 3) El índice de masa corporal (IMC) es la técnica que establece la variable antropométrica. Se calcula dividiendo el peso (en kilogramos) por la talla (en metros) al cuadrado. En los niños se emplean las gráficas para cada edad y sexo indicadas por la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO)<sup>25</sup> y utilizadas por García-Sicilia et al<sup>26</sup> y Serra et al<sup>27</sup> en estudios similares al nuestro.
- 4) Prueba de flexión profunda de tronco. Se trata de una prueba que registra las modificaciones establecidas en el raquis durante el movimiento de flexión anterior del tronco, y ha sido empleada por numerosos autores como Arregui y Martínez<sup>28</sup> y Bajo<sup>29</sup>. Se realiza con el sujeto colocado en bipedestación, sin calzado, de manera que los talones coincidan con las líneas marcadas a nivel del cero de la escala, pasando a continuación a ejecutar la prueba de flexión profunda del tronco, que se acompañará de flexión de rodillas, con el fin de llegar con las manos (que han pasado entre las dos piernas), tan atrás como sea posible so-

bre la regla centimetrada. Hay que mantener la posición hasta que se lea la distancia alcanzada en centímetros. Para la realización de dicha prueba se tuvieron en cuenta las siguientes reglas: no permitir separar del suelo o tabla parte alguna de los pies, mantener el equilibrio y salir por delante del aparato permaneciendo sin moverse hasta medir la distancia. Se realizaron dos intentos y se anotó el mejor resultado, no se tuvieron en cuenta las fracciones de centímetro y se redondeó al entero más próximo. El material utilizado ha sido una plataforma de madera (0,76 por 0,88 m) con regla graduada movable.

### Resultados

De las 2.956 personas analizadas, un 50,1% (n = 1.481) pertenecían al sexo masculino y un 49,9% (n = 1.475) al sexo femenino. En lo referente a la edad, se procedió a realizar una agrupación de la muestra en cinco grupos, observándose homogeneidad proporcional entre los diversos grupos (valores en torno al 24%), exceptuando el subgrupo de 12 años (4,3%; n = 127) compuesto en su mayoría por repetidores de curso y alumnos escolarizados tardíamente.

El carácter geográfico de la muestra queda reseñado en la figura 1, con siete áreas de la provincia, de las que la más numerosa es la zona 1, Granada capital (26,31%; n = 778) y la menos numerosa, la zona 5 (6,63%; n = 196), correspondiente a la Alpujarra-Valle de Lecrín.

En lo que respecta al descriptivo alteración del raquis, el 91,5% (n = 2.705) de los participantes registrados no presentaban ninguna anomalía de tipo raquídeo (hipercifóticos); mientras que el 8,5% (n = 251) estaban encuadrados en el grupo de los hiper cifóticos.

Del total de las personas analizadas, encontramos que 777 (26,3%) tenían sobrepeso u obesidad, mientras el resto, es decir, 2.179 personas (73,6%) no manifestaban indicios de ésta. En la tabla 1 mostramos los resultados obtenidos en relación con los valores de obesidad; asimismo destacamos los 19,35 cm de flexibilidad media que presentó la población objeto de estudio.

Desde el punto de vista del análisis correlacional, la presencia de hiper cifosis no deparó diferencias estadísticas en cuanto al sexo (p = 0,620).

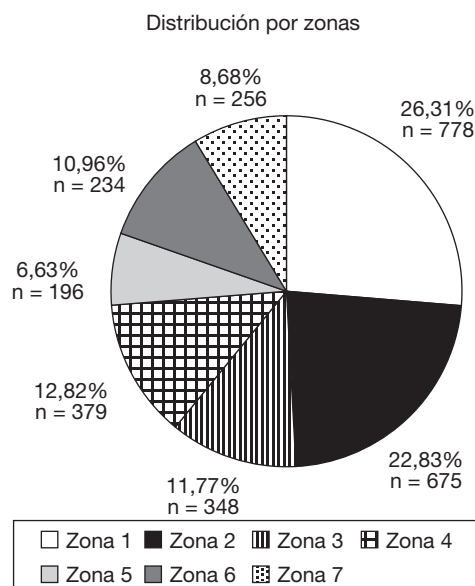


Fig. 1. Distribución porcentual de la población por zonas de procedencia.

**Tabla 1**

Prevalencia del bajo peso, normopeso, sobrepeso y obesos

Obesidad	Frecuencia	Porcentaje %
Bajo peso	147	5,0%
Normopeso	2.032	68,7%
Sobrepeso	546	18,5%
Obeso	231	7,8%
Total	2.956	100,0%

Sin embargo, sí se apreciaron diferencias entre la variable grupo de edad y tipo de zona de procedencia ( $p = 0,008$  y  $p = 0,006$ ), debido fundamentalmente al número tan escaso de alteraciones en participantes de 11 años y al número tan escueto de hipercifosis hallado en la zona de la costa de Granada respectivamente (zona 4), como se observan en la figura 2 y en la tabla 2.

Debemos indicar que la prevalencia de obesidad estableció diferencias estadísticamente significativas cuando se compara por sexo ( $p = 0,001$ ), edad ( $p = 0,001$ ) y carácter zonal ( $p = 0,001$ ), como se muestra en la figura 3 y en las tablas 3 y 4.

A continuación resaltamos cómo la flexibilidad media por sexo no deparó diferencias ( $p = 0,280$ ). Las féminas presentaron un valor de 19,47 cm y los varones 19,23 cm de flexibilidad media; por el contrario los cinco grupo de edad sí establecieron diferencias estadísticamente significativas entre ellos en relación con la flexibilidad media ( $p = 0,001$ ) como se muestra en la figura 4.

Cabe señalar que la relación entre la capacidad flexora y el carácter zonal indicó diferencias ( $p = 0,001$ ) entre las siete zonas, como se determina en la tabla 5. Los participantes de las zonas 1 y 2 reflejaron valores medios más elevados que el resto de áreas.

Resaltamos aquí los datos más representativos en cuanto al análisis correlacional de las variables deformidad de columna (hipercifosis) e índice de obesidad. Conviene reparar en las diferencias estadísticamente significativas encontradas entre ambas ( $p = 0,001$ ); concretamente un 57% ( $n = 143$ ) de los individuos hipercifóticos tenían sobrepeso u obesidad frente al 23,5% de los individuos sin esa patología (tabla 6).

Si comparamos la media de la flexibilidad de tronco del grupo de niños con hipercifosis con la media del grupo de los que no tiene dicha

anomalía, hallamos una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0,001$ ), con una diferencia de más de cuatro centímetros entre ambas categorías (fig. 5).

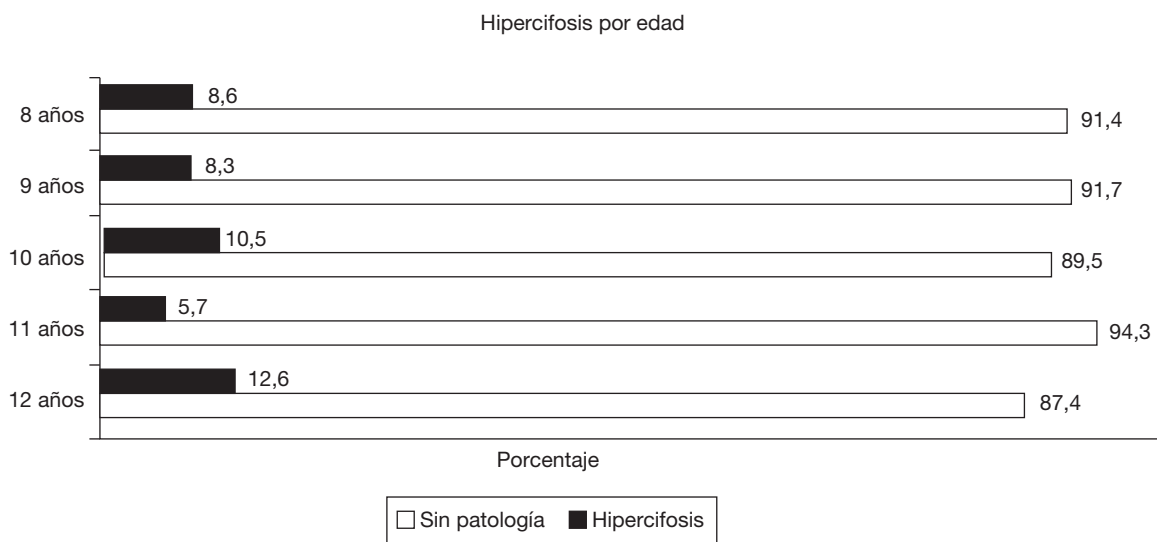
Por último, el nivel de flexibilidad media y el índice de obesidad también nos deparó significancia ( $p = 0,001$ ) (fig. 6). Se aprecian diferencias de 5 cm entre los participantes con IMC normal y aquellos con obesidad.

## Discusión

En el estudio se halló hipercifosis en el 8,5% ( $n = 251$ ) de los participantes. Los datos obtenidos en nuestro caso concuerdan con los hallados por Ascani et al<sup>10</sup> en un estudio con escolares del mismo rango de edad. En este sentido, otros autores como Almagro<sup>9</sup>, Rodríguez<sup>30</sup> y Lalic et al<sup>31</sup> encontraron prevalencias de hipercifosis superiores al 14%. Por otro lado, Nissinen et al<sup>32</sup> y Redondo et al<sup>33</sup> indicaron en sus investigaciones que solamente el 4-5% de los escolares tenían esta deformidad. Esta disparidad de datos viene propiciada por el método de detección seleccionado, hallándose los valores inferiores en aquellas poblaciones que emplearon la radiografía. Todos estos datos registrados evidencian la importancia de detectar esta patología en edades tempranas para evitar que repercuta negativamente en la normal realización de las actividades básicas de la vida cotidiana y el posterior agravamiento en etapas adultas. Si bien en la etapa escolar no provoca cuadro algico (González<sup>8</sup> y Korovessis et al<sup>14</sup>), en la adolescencia y la edad adulta el proceso doloroso se acentúa.

Resulta interesante apreciar que en las correlaciones con sexo, edad y carácter zonal, las diferencias vienen determinadas por las dos últimas variables ( $p = 0,008$  y  $p = 0,006$ ). Así, en cuanto al sexo, la presencia de la patología es similar, dato que no concuerda con las prevalencias aportadas por Marín et al<sup>9</sup> y Fotiadis et al<sup>34</sup>; si bien ambos autores indicaban dichos valores en individuos con Scheuermann, que es una larga cifosis arqueada de origen desconocido que surge en la adolescencia, y es más frecuente en varones y con la que el afectado no puede corregir la postura por sí mismo.

Por edades, el grupo de 11 años es el que presenta menor número de casos, con una distribución bastante heterogénea. Intuimos que la edad



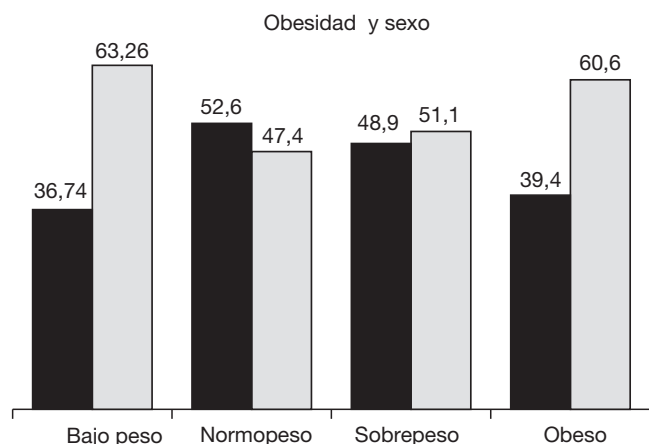
**Fig. 2.** Distribución porcentual de la población raquídea (sin patología e hipercifótica) en función de la edad ( $p = 0,008$ ).

**Tabla 2**

Distribución de las deformidades raquídeas en función de las siete zonas objeto de estudio

Zona	Alteración raquídea			
	Sin patología		HiperCIFOSIS	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Zona 1	708	91,0%	70	9,0%
Zona 2	611	90,5%	64	9,5%
Zona 3	322	92,5%	26	7,5%
Zona 4	365	96,3%	14	3,7%
Zona 5	171	87,2%	25	12,8%
Zona 6	293	90,4%	31	9,6%
Zona 7	235	91,8%	21	8,2%
Total	2.605	91,5%	251	8,5%

(p = 0,006)



**Fig. 3.** Distribución porcentual de la obesidad en función del sexo (p = 0,001).

de aparición de la hiperCIFOSIS viene determinada por el proceso madurativo del escolar. En lo referente al carácter geográfico, la zona más rural (área 5) es en la que se muestran más escolares con esta patología, lo que nos hace intuir que viene propiciada por factores sociales y médicos, al tratarse de comarcas muy desfavorecidas en cuanto a transporte y comunicación, lo que incide negativamente en la detección precoz de estas anomalías. Esto pone de manifiesto la necesidad de plantear protocolos de actuación.

La presencia de obesidad en este estudio (26,3%) no manifiesta diferencias con otros trabajos de similares características en la geografía española (Gómez y Marcos<sup>35</sup>, Muñoz y Antón<sup>36</sup>, Alconero et al<sup>37</sup> y la Consejería de Consumo de la Junta de Extremadura<sup>38</sup>), en relación con las

variables de índole sociodemográfica (p = 0,001 en sexo y edad y p = 0,001 en carácter geográfico). Cabría señalar que los datos obtenidos en nuestra investigación determinan que las féminas son más obesas que los varones. Por edades las diferencias halladas vienen establecidas por la menor presencia de representantes de 12 años, así como por la obesidad presente en el grupo de 11 años. En cuanto a la procedencia, es destacable la detección de mayores índices de obesidad en las poblaciones más urbanas que rurales (zonas 1 y 2) con valores superiores al 40%. Esto nos hace intuir que entre las causas podríamos mencionar a) la menor participación en actividades físico-deportivas de una manera continuada (sospechamos que los niños de las zonas más rurales son más activos), b) cambios de índole fisiológica, psicológica y social propiciados por mayores índices de sedentarismo como relatan en sus estudios De Hoyo y Sañudo<sup>39</sup> y Buhning et al<sup>40</sup>.

En lo referente a la variable flexibilidad, el grupo presentó una media de 19,35 cm; en cuanto al sexo de los participantes, las medias son similares y no hay diferencias estadísticamente significativas (p = 0,280). Sin embargo, se dieron medias más dispares en relación con los grupos de edad (p = 0,001), como se observa en la figura 4, en la que los escolares de 11 años presentaron una flexión de tronco superior al resto de grupos de edad. Intuimos que esto viene ocasionado por el factor crecimiento y las implicaciones que tiene sobre variaciones de la capacidad flexora en relación con la edad como exponen Arvis et al<sup>41</sup> y Herrera et al<sup>42</sup>. Igualmente, en relación con el carácter zonal de la población analizada se establecieron amplias diferencias entre los participantes en este estudio (p = 0,001), de tal forma que en las dos zonas más urbanas, la capacidad flexora era mayor que en el resto de las zonas.

En lo relativo a las variables patología de raquis y obesidad se obtienen valores muy opuestos; así los participantes exentos de hiperCIFOSIS presentaban índices del 23,5% de obesidad frente al 57% de sujetos hiperCIFOSÍFICOS con este cuadro, datos que concuerdan con los aportados por Harreby et al<sup>43</sup> y Serra et al<sup>27</sup> sobre los cambios producidos en la zona torácica y lumbar en el raquis del adolescente. Se llega a la conclusión de que desviaciones raquídeas como la hiperCIFOSIS o hiperlordosis en determinados adolescentes son un factor de riesgo para padecer obesidad. Añaden González et al<sup>44</sup> que la falta de tradición deportiva en las zonas rurales suele venir propiciada por la falta de instalaciones deportivas suficientes y adecuadas, la falta de costumbre y otros factores de índole social, laboral y orgánica (Wang y Olson<sup>45</sup> y Alexandris et al<sup>46</sup>) lo que desemboca en la menor práctica de deportes encaminados a la prevención de patologías de índole hiperCIFOSÍFICA (natación, etc.).

En lo relativo a las variables patología de columna y flexibilidad se obtienen valores muy dispares (19,52 cm, en participantes sin patología frente a los 17,43 cm, de los hiperCIFOSÍFICOS). Esta diferencia en los resultados puede estar en consonancia con las aportaciones de los criterios

**Tabla 3**

Prevalencia de bajo peso, normopeso, sobrepeso y obesos según grupos de edad

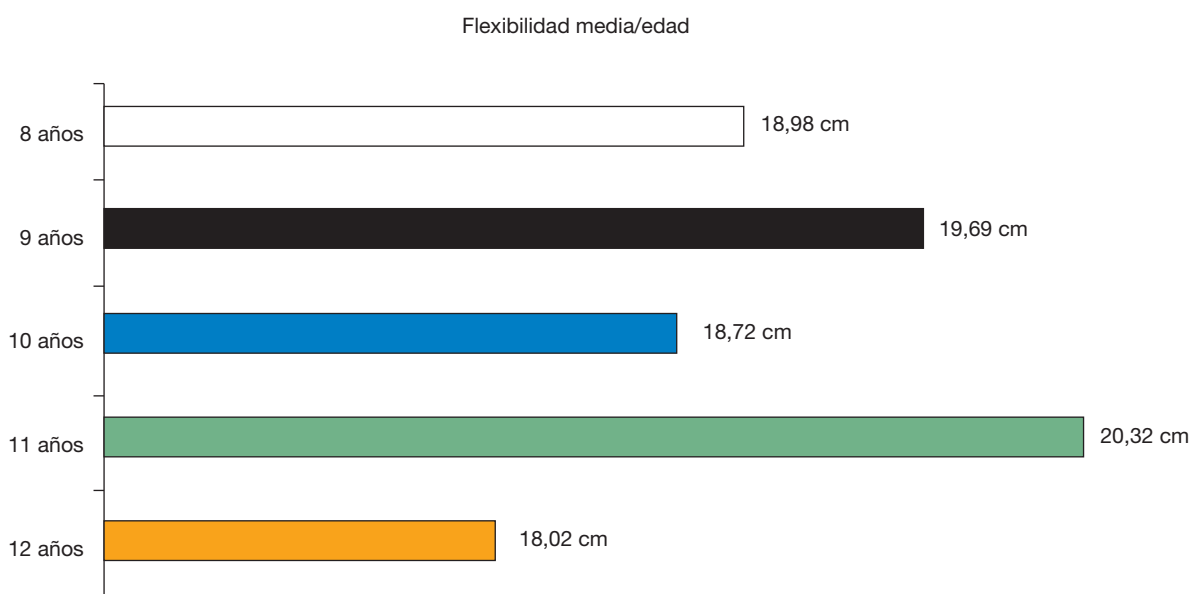
Obesidad		8 años	9 años	10 años	11 años	12 años	Total
Bajo peso	Recuento	45	42	22	26	12	147
	% de obesidad	30,6%	28,6%	15,0%	17,7%	8,2%	100,0%
Normopeso	Recuento	518	455	490	486	83	2.032
	% de obesidad	25,5%	22,4%	24,1%	23,9%	4,1%	100,0%
Sobrepeso	Recuento	111	115	158	136	26	546
	% de obesidad	20,3%	21,1%	28,9%	24,9%	4,8%	100,0%
Obeso	Recuento	57	38	74	56	6	231
	% de obesidad	24,7%	16,5%	32,0%	24,2%	2,6%	100,0%
Total	Recuento	731	650	744	704	127	2.956
	% de obesidad	24,7%	22,0%	25,2%	23,8%	4,3%	100,0%

(p = 0,001)

**Tabla 4**  
Obesidad en función de las siete zonas objeto de estudio

Zona		Bajo peso	Normopeso	Sobrepeso	Obeso	Total
Zona 1	Recuento	29	555	154	40	778
	% zona	3,7%	71,3%	19,8%	5,1%	100,0%
Zona 2	Recuento	35	464	123	53	675
	% zona	5,2%	68,7%	18,2%	7,9%	100,0%
Zona 3	Recuento	19	213	81	35	348
	% zona	5,5%	61,2%	23,3%	10,1%	100,0%
Zona 4	Recuento	26	266	49	38	379
	% zona	6,9%	70,2%	12,9%	10,0%	100,0%
Zona 5	Recuento	7	132	39	18	196
	% zona	3,6%	67,3%	19,9%	9,2%	100,0%
Zona 6	Recuento	22	232	47	23	324
	% zona	6,8%	71,6%	14,5%	7,1%	100,0%
Zona 7	Recuento	9	170	53	24	256
	% zona	3,5%	66,4%	20,7%	9,4%	100,0%
Total	Recuento	147	2.032	546	231	2.956
	% zona	5,0%	68,7%	18,5%	7,8%	100,0%

(p = 0,001)

**Fig. 4.** Flexibilidad media en función de los cinco grupos de edad (p = 0,001).

médicos cuando mencionan una acentuada rigidez de tronco, haciéndonos suponer que esta situación conlleva una disminución de la flexibilidad. A este aspecto añadimos que la obesidad era más alta en los sujetos hipercifóticos (aspecto citado con anterioridad) y que sospechamos que favorece la actitud sedentaria, confirmando lo aportado por Buhning et al<sup>40</sup> cuando indicaban que el término sedentario implicaba bajos niveles de actividad física.

Conviene reparar también en la variable obesidad y su relación con la capacidad flexora. Aquí se aprecia que a medida que los niveles de obesidad aumentan se produce una disminución considerable de la elongación muscular y articular lo que repercute considerablemente en la capacidad flexora, según avalan esta premisa autores como Kain et al<sup>47</sup> y Kelley<sup>19</sup>.

Podemos intuir que la hipercifosis influye en la obesidad y la flexibilidad, al crear mayor rigidez de tronco (estructuración). En este sentido, la heterogeneidad de estos datos nos hace reflexionar sobre el porqué de un aumento tan exagerado de la patología en ciertas zonas, y nos hace suponer que las medidas de salud, la menor actividad física, los aspectos

**Tabla 5**  
Flexibilidad media en función de las áreas delimitadas para el estudio

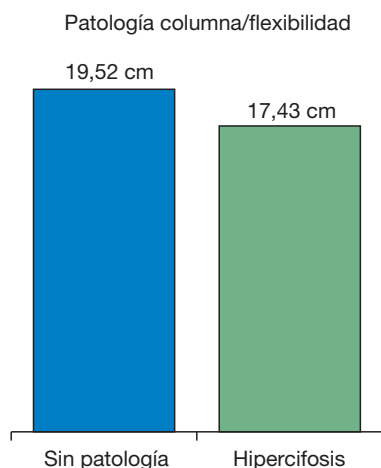
Zona	Media	N	Desviación típica
Zona 1	22,80	778	5,595
Zona 2	19,95	675	5,680
Zona 3	17,93	348	5,149
Zona 4	15,91	379	4,601
Zona 5	18,28	196	6,010
Zona 6	17,39	324	5,375
Zona 7	17,64	256	5,952
Total	19,35	2.956	5,977

nutricionales y demás cuestiones, inciden negativamente sobre la obesidad, sin ser consideradas para la población hipercifótica. Esta falta de conocimiento en las zonas rurales hace que dicha patología vaya asociada a la obesidad, de tal forma que si los niños encuentran cierta dificultad motora no son supervisados ni reciben preinscripción de actividades saludables por parte de los estamentos. Del mismo modo, las instalaciones y recursos en los que realizar las actividades prescritas son medios a

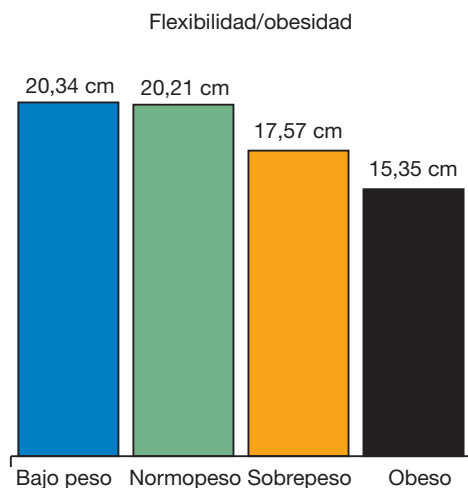
**Tabla 6**  
Niveles de obesidad según patología de columna

Patología raquídea		Bajo peso	Normopeso	Sobrepeso	Obeso	Total
Sin patología	Recuento	137	1.934	470	164	2.705
	% hipercifosis	5,1%	71,5%	17,4%	6,1%	100,0%
Hipercifosis	Recuento	10	98	76	67	251
	% hipercifosis	4,0%	39,0%	30,3%	26,7%	100,0%
Total	Recuento	147	2.032	546	231	2.956
	% hipercifosis	5,0%	68,7%	18,5%	7,8%	100,0%

(p = 0,001)



**Fig. 5.** Flexibilidad media en función de la patología raquídea (p = 0,001).



**Fig. 6.** Flexibilidad media en función de la obesidad (p = 0,001).

los cuales tienen más fácil acceso los individuos hipercifóticos de la capital.

## Conclusiones

Un 8,5% de la población objeto de estudio presentaba patología de raquis. A este respecto parece evidente la necesidad de diseñar programas efectivos de detección y ejercicio saludable, adaptados a cada persona que favorezcan la disminución de los síntomas dolorosos de esta anomalía.

Recordamos que el 23,5% de la población presentaba obesidad mientras que entre los participantes hipercifóticos se elevaban estas cifras hasta un 57%. En relación con este dato significativo, se resalta la necesidad y el interés en la creación de nuevas pautas de actuación, que detecten con antelación esta disfunción. Asimismo, en lo referente a la flexibilidad media, ésta se halla considerablemente disminuida en la población hipercifótica (17,43 cm) frente a los 19,52 cm del resto de la población.

Cabe resaltar la alta relación existente entre ser hipercifótico y tener obesidad y menor capacidad flexora. Este dato nos puede confirmar aún más la necesidad de adaptar el tipo y forma de realizar el ejercicio físico a las necesidades individuales de este colectivo. También se puede entender que la presencia de hipercifosis no está determinada en su totalidad y sería importante matizar, en relación también con las conclusiones anteriores, la importancia en el desarrollo de protocolos y programas de actuación con enfoque multidisciplinar y perspectiva holística.

## Bibliografía

- Balagué F, Dutoit G, Waldburge M. Low back pain in schoolchildren. An epidemiological study. *Scand J Rehab Med.* 1988;20:175-9.
- Tapio MD. Lumbar spinal pathology in cadaveric material in relation to history of back pain, occupation, and physical loading. *Spine.* 1990;15:114-9.
- Salminen J, Pentti J, Terho P. Low back pain and disability in 14-year-old schoolchildren. *Acta Paediatr.* 1992;81(12):1035-9.
- Tangona D. Dolor de espalda, mal de muchas. *Fitness salud.* [Citado 30 de mayo de 2009]. Disponible en: [www.mujeeresdeempresa.com/fitness\\_salud/000803-dolor-de-espalda.shtml](http://www.mujeeresdeempresa.com/fitness_salud/000803-dolor-de-espalda.shtml) - 19k.
- Kumar R, Singh S N. Spinal Dysraphism: Trenes in Northern India. *Pediatric Neurosurgery.* 2003;(38)3:133-46.
- Pernille D, Holstein B, Lynch J, Diderichsen F, Gabhain SN, Scheidt P, et al. Bullying and symptoms among school-aged children: international comparative cross sectional study in 28 countries *Eur J Pub Health.* 2005;(15)2:128-32.
- Scoliosis Research Society. Clasificación. [Citado 26 octubre 2009]. Disponible en [www.srs.org](http://www.srs.org).
- González GM. Las diferentes minusvalías y sus características. *Lecturas Educación Física y Deportes;* 2007;11(104).
- Marín C, Ortiz C, Monfort A. Escuela saludable del municipio de la Tebaida, 2003. La Tebaida, Quindío, Colombia. S.A.; 2004.
- Ascani E, Salsano V, Giglio G. The incidence and early detection of spinal deformities. *Ital J Orthop;* 1977;3:111-7.
- Drummon DS, Rogala E, Gurr J. Spinal deformity: natural history and the role of school screening. *Orthop Clin North Am.* 1979;10(4):751-9.
- Salminen J. The adolescent back. A field survey of 370 Finnish schoolchildren. *Acta Paediatr Scand Suppl.* 1984;315:1-122.
- Nitzschke E, Hildrebrand M. Epidemiology of kiphosis in school children. *Z Orthop.* 1990;128(5):477-81.
- Korovessis P, Zacharatos S, Koureas G, Megas P. Comparative multifactorial análisis of the effects of idiopathic adolescent scoliosis and Schuermann kyphosis on the self-perceived health status of adolescents treated with brace. *Eur Spine J.* 2007;16:537-46.
- Leboulch J. La educación por el movimiento. Barcelona: Paidós; 1985.
- Hernández M. Alimentación infantil. Madrid: Díaz de Santos; 1993.
- Dule S. La práctica de actividad físico-deportiva y su relación con componentes fundamentales del estilo de vida en escolares de la provincia de Ciego de Ávila en Cuba. [Tesis doctoral]. Granada: Universidad de Granada; 2006.



18. Cidon JL. La dieta perfecta. Biblioteca de la Salud. Planeta de Agostini; 1996. [Citado 30 de mayo de 2007]. Disponible en: [www.ugr.es/~aulaint/E/ECorpus/EST/Celulitis.doc](http://www.ugr.es/~aulaint/E/ECorpus/EST/Celulitis.doc).
19. Kelley D. Skeletal muscle fat oxidation: timing and flexibility are everything. *J Clin Invest*. 2005;115:1699-702.
20. González MD, Martín M, Jiménez JE, Campos A, Del Hierro D. Las necesidades de actividades físicas de las personas mayores en España. Diferencias según la condición social. *Rev Habilidad Motriz*. 2008;31:16-24.
21. Zurita F, Fernández R, Cepero M, Zagalaz M, Valverde M, Domínguez P. The relationship between pain and physical activity in older adults that begin a program of physical activity. *J Hum Sport Exerc*. 2009;4(3):284-97.
22. Reamy BV, Slakey JB. Adolescent idiopathic scoliosis: review and current concepts. *Am Fam Physician*. 2001;64(1):111-6.
23. Gil L, Álvarez MC, Sánchez JC. Escoliosis. *Jano Emc*. 2002;(63)1454:47-52.
24. Skaggs DL, Early SD, D'Ambra P, Tolo VT, Kay RM. Back pain and backpacks in school children. *J Pediatr Orthop*. 2006;26(3):358-63.
25. SEEDO (Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad). Consenso Español 1995 para la evaluación de la obesidad y para la realización de estudios epidemiológicos. *Med Clin (Barc)*. 1996;107:782-7.
26. García-Sicilia J, Almaraz ME, Ares S. Manual práctico de Pediatría en Atención Primaria. Madrid: Publimed. 2001;1:515-20.
27. Serra L, Ribas L, Aranceta J, Pérez C, Saavedra P, Peña L. Obesidad infantil y juvenil en España. Resultados del Estudio en Kid (1998-2000). *Med Clin (Barc)*. 2003;121:725-32.
28. Arregui JA, Martínez de Haro V. Estado actual de las investigaciones sobre la flexibilidad en la adolescencia. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2001;1:127-35.
29. Bajo S. La flexibilidad y la educación física escolar: evolución y aplicación en la escuela. En: Guillén del Castillo M, editor. *Medicina deportiva y educación física en edad escolar*. Córdoba: Servicio de publicaciones; 2003. p. 421-40.
30. Rodríguez PL. Educación Física y salud del escolar: programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital. [Tesis doctoral]. Granada: Universidad de Granada; 1998.
31. Lalic H, Kalebota N, Kabalin M. Measures for achieving recruits' enhanced fitness a transversal study. *Collegium antropologicum*. 2006;30(3):585-92.
32. Nissinen M, Heliövaara M, Seitsamo J, Poussa M. Left handedness and risk of thoracic hyperkyphosis in prepubertal schoolchildren. *Int J Epidemiol*. 1995;24(6):1178-181.
33. Redondo MJ, Arnillas P, Fernández C. Screening for adolescent idiopathic scoliosis: is current knowledge sufficient to support its use? *Anales españoles de pediatría*. 1995;50(2):129-33.
34. Fotiadis E, Kenanidis E, Samoladas E, Christodoulou A, Akritopoulos P, Akritopoulos K. Scheuermann's disease: focus on weight and height role. *Eur Spine J*. 2008;17:673-8.
35. Gómez S, Marcos A. Intervención integral en la obesidad del adolescente. *Rev Med Univ Navarra*. 2006;50(4):23-5.
36. Muñoz J, Antón M. Las deficiencias fisiológicas. *Intervención educativa en Educación Física. Lecturas Educación Física y Deportes*. 2006;11(103).
37. Alconero A, Casaus M, Iglesias R, De la Frieria V, Noriega M, Fadón A. El corazón de los jóvenes. *Enfermería en Cardiología: revista científica e informativa de la Asociación Española de Enfermería en Cardiología*. 2006;38:13-8.
38. Junta de Extremadura. Consejería de Sanidad y Consumo. Prevención de la obesidad y de la diabetes mellitus tipo 2. Documento de apoyo a las actividades de Educación para la Salud. 2007.
39. De Hoyo M, Sañudo B. Motivos y hábitos de práctica de actividad física en escolares de 12 a 16 años en una población rural de Sevilla. *Rev Int Cienc Act Fis Deporte*. 2007;7(26):87-98.
40. Buhning K, Oliva P, Bravo C. Determinación no experimental en la conducta sedentaria en escolares. *Rev Chilena de Nutrición*. 2009;36(1):23-30.
41. Arvis G, Forest MG, Sizonenko PC. La puberté masculine et ses pathologies. Paris: Doin Éditeurs; 1993.
42. Herrera E, Pavía C, Yturriaga R. Actualizaciones en Endocrinología-1. La pubertad. Madrid: Díaz de Santos; 1994.
43. Harreby M, Neergard K, Hesselsoe G, Kjer J. Are radiologic changes in the thoracic and lumbar spine of adolescents risk factors for low back pain in adults? *Spine*. 1995;20(21):2298-302.
44. González JL. El dolor de espalda y los desequilibrios musculares. *Rev Int Cienc Act Fis Deporte*. 2004;13:1-14.
45. Wang Z, Olson E. Present status, potential and strategies of physical activity in China. *Inter Rev Sociol Sport*. 1997;32:69-85.
46. Alexandris K, Barkouris V, Tsorbatzoudis H, Grounios G. A study of perceived constraints on a community-based physical activity program for the elderly in Greece. *J Aging Physic Activ*. 2003;11:305-18.
47. Kain J, Olivares S, Romo M, Leyton B, Vio F, Cerda R. Estado nutricional y resistencia aeróbica en escolares en educación básica: línea base de un proyecto de promoción de la salud. *Rev Med Chile*. 2004;132:1395-402.



Original

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

## Frecuencia cardíaca máxima obtenida y predicha: estudio retrospectivo en brasileños

J. C. Bouzas Marins<sup>a</sup>, C. Diniz da Silva<sup>a</sup>, M. de Oliveira Braga<sup>a</sup>, M. Santos Cerqueira<sup>a</sup> y F. Costa Bandeira<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Educação Física. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil.

<sup>b</sup>Clínica de Cardiologia Cardiocenter. Viçosa, MG, Brasil.

### Historia del artículo:

Recibido el 1 de abril de 2010

Aceptado el 29 de junio de 2010

### Palabras clave:

Frecuencia cardíaca.

Prueba de esfuerzo.

Ecuación de predicción.

### RESUMEN

**Objetivo.** Correlacionar la edad con la frecuencia cardíaca máxima obtenida ( $FCM_{obt}$ ) durante una prueba ergométrica máxima (TE), así como comparar la  $FCM_{obt}$  frente a valores predefinidos por diferentes ecuaciones que estiman la frecuencia cardíaca máxima ( $FCM_{pre}$ ), en hombres y mujeres brasileñas a partir de los 30 años de edad.

**Métodos.** La muestra contó con 299 sujetos asintomáticos con edades comprendidas entre los 30 y los 75 años, de los cuales 164 eran hombres ( $48,2 \pm 11,5$  años) y 135, mujeres ( $50,6 \pm 12,6$  años). Los datos fueron obtenidos por medio de un análisis retrospectivo en la base de datos de TE de una clínica cardiológica privada. La correlación y la concordancia entre los valores de  $FCM_{obt}$  e  $FCM_{pre}$  fueron testados.

**Resultados.** El coeficiente de correlación entre la edad y la  $FCM_{obt}$  en los hombres fue de ( $r = -0,53$ ;  $p < 0,01$ ) menor que en las mujeres ( $r = -0,65$ ;  $p < 0,01$ ). No hubo diferencias significativas entre la  $FCM_{obt}$  y  $FCM_{pre}$  por la ecuación de Tanaka et al (2001) [ $211-0,8 \cdot \text{edad}$ ] para los hombres ni por la ecuación de Jones et al (1985) [ $202-0,72 \cdot \text{edad}$ ] para las mujeres, en ninguno de los subgrupos de edad ( $p > 0,05$ ). La respuesta cronotrópica se mostró dependiente de la edad, disminuyendo progresivamente con el envejecimiento, de modo diferente entre los hombres y las mujeres.

**Conclusión.** La ecuación de Tanaka et al (2001) [ $211-0,8 \cdot \text{edad}$ ] en los hombres y de Jones et al (1985) [ $202-0,72 \cdot \text{edad}$ ] en las mujeres se han mostrado más adecuadas para estimar a FCM, para personas con más de 30 años.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

#### Maximum heart rate obtained and predicted: a retrospective study in Brazilian

**Objective.** Correlate the age with the maximum heart rate obtained ( $MHR_{obt}$ ) during exercise test in ergometer (ET), as well as to compare  $MHR_{obt}$  with the values made calculations by different equation's prediction ( $MHR_{pre}$ ) in men and Brazilian women starting from 30 years of age.

**Methods.** The sample was composed by 299 individuals asymptomatic with age between 30 and 75 years old, being 164 men ( $48.2 \pm 11.5$  years old) and 135 women ( $50.6 \pm 12.6$  years old). The data were collected through retrospective analysis of data obtained in ET a deprived clinic cardiologic. The correlation and the agreement between the values of  $MHR_{obt}$  and  $MHR_{pre}$  were tested.

**Results.** The correlation coefficient between the age and  $MHR_{obt}$  found for the men ( $r = -0.53$ ;  $p < 0.01$ ) it was smaller than in the women ( $r = -0.65$ ;  $p < 0.01$ ). There was no difference between  $MHR_{obt}$  and  $MHR_{pre}$  for the equation of Tanaka et al (2001) [ $211-0.8 \cdot \text{age}$ ] for the men and for the equation of Jones et al (1985) [ $202-0.72 \cdot \text{age}$ ] for the women, in all of the age subgroups ( $p > 0.05$ ). The answer chronotropic was shown dependent of the age, decreasing progressively with the aging, in a different way in men and women.

**Conclusion.** The equation of Tanaka et al (2001) [ $211-0.8 \cdot \text{age}$ ] in the men and the one of Jones et al (1985) [ $202-0.72 \cdot \text{age}$ ] in the women it was shown more appropriate to predict MHR, for people with more than 30 years old.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### Key words:

Heart rate.

Exercise test.

Prediction equation.

### Contacto:

J. C. Bouzas Marins.

Universidade Federal de Viçosa.

Departamento de Educação Física – LAPEH

Viçosa, MG. 36.571-000. Brasil.

E-mail: jcbouzas@ufv.br

## Introdução

A frequência cardíaca (FC) é uma variável fisiológica mensurada de forma fácil e não-invasiva, sendo amplamente útil para avaliar respostas cardiovasculares durante o exercício físico<sup>1-3</sup>. A obtenção da frequência cardíaca máxima (FCM) é um importante critério para se verificar o esforço máximo de um indivíduo durante um teste ergométrico progressivo<sup>4</sup>, bem como para prescrever intensidades em programas de exercícios físicos, sendo geralmente expressa em percentual da FCM ou da frequência cardíaca de reserva<sup>5,6</sup>.

Devido a essa importância, várias equações alternativas para prever a FCM foram desenvolvidas<sup>7-9</sup>. A primeira provavelmente foi desenvolvida por Robinson em 1938<sup>5</sup>, propondo a equação  $[212 - 0,77 * \text{idade}]$ . As diversas equações existentes foram validadas para subgrupos<sup>10-12</sup> ou populações específicas<sup>13,14</sup>. Infelizmente têm sido empregadas em populações diversas daquela em que foi validada, podendo levar a erros significativos. A equação  $[220 - \text{idade}]$  é a mais conhecida<sup>15-17</sup> e comumente utilizada<sup>4,18-21</sup>. Contudo cabe destacar que no artigo original de Karvonen et al (1957)<sup>22</sup> tem-se a proposta do uso da FC de reserva, não sendo um estudo de validação da equação  $[220 - \text{idade}]$  como normalmente é citado.

Araújo e Pinto<sup>23</sup> destacam ainda que essa utilização é bastante limitada e inválida em muitas das situações clínicas cotidianas, porque, estatisticamente, 50% dos indivíduos saudáveis deverão alcançar valores iguais ou superiores aos previstos por uma equação de regressão. É notado também que estas equações de predição ( $FCM_{pre}$ ) podem propiciar um erro de até  $\pm 12$  beats per minute. Contudo, Robergs e Landwehr<sup>5</sup> estabelecem faixas de variação para uma equação, que poderá ser de até  $\pm 3$  bpm para um teste máximo, ou de  $\pm 8$  bpm para a prescrição de exercícios, ampliando a interpretação dos dados. Assim, para se obter a FCM, se indica a realização de um exercício físico, como por exemplo, um teste ergométrico, que proporcione ao avaliado atingir preferencialmente uma intensidade máxima. Esta condição facilita a obtenção de uma maior quantidade de informações inerentes ao indivíduo avaliado<sup>11,12,20,21</sup>.

Apesar da praticidade da FCM no campo da prescrição de exercícios, sabe-se que a reserva cronotrópica é influenciada inversamente pela

idade<sup>4,5,7,8</sup>, podendo sofrer ainda influência de outros fatores, como tipo de ergômetro utilizado<sup>23-25</sup>, FC de repouso<sup>26</sup>, tabagismo<sup>9</sup>, gênero<sup>7,27</sup> e condicionamento físico do indivíduo<sup>24</sup>.

Nesse sentido, os objetivos foram correlacionar o fator idade com  $FCM_{obt}$  em TE em homens e mulheres brasileiras a partir de 30 anos de idade, em estudo retrospectivo, e comparar os valores de  $FCM_{obt}$  durante um TE com  $FCM_{cal}$  por meio de equações de predição.

## Métodos

### Amostra

A amostra foi composta por 299 indivíduos assintomáticos com idade entre 30 e 75 anos, sendo 164 homens ( $48,2 \pm 11,5$  anos) e 135 mulheres ( $50,6 \pm 12,5$  anos), divididos em subgrupos de intervalos de 5 anos (tabelas 1 e 2).

Na composição do estudo retrospectivo foram considerados todos os TE realizados com indivíduos que não apresentaram nenhum tipo de cardiopatia, acima de 30 anos de idade. Foram considerados também, como critério de inclusão, aqueles que estivessem com o índice de massa corporal (IMC) entre 20,0 e 35,0 kg/m<sup>2</sup> e não apresentaram comprometimentos cardiovasculares, nem eram consumidores de medicamentos, especialmente bloqueadores beta e/ou bloqueadores dos canais de cálcio. Foram desconsiderados aqueles com alterações eletrocardiográficas sugestivas de isquemia do miocárdio ou arritmias cardíacas importantes durante o exame e os indivíduos que não atingiram a fadiga voluntária máxima. Também foram excluídos avaliados submetidos a treinamento sistematizado para aprimoramento atlético.

### Procedimentos

Foi feito um levantamento retrospectivo dos dados armazenados de TE em esteira com indivíduos saudáveis, em uma clínica cardiológica privada na cidade de Viçosa/MG, nos últimos seis anos. Todos os proce-

**Tabela 1**  
Características dos homens da mostra

Subgrupo	30-35 n = 27	36-40 n = 38	41-45 n = 34	46-50 n = 33	51-55 n = 12	56-60 n = 12	61-67 n = 7
Idade (anos)	32,4 ± 1,7	38,1 ± 1,4	43,0 ± 1,6	47,9 ± 1,4	58,2 ± 1,6	28,1 ± 1,6	64,4 ± 2,0
Peso (kg)	77,4 ± 13,6	79,9 ± 12,9	78,5 ± 12,4	77,7 ± 10,8	76,7 ± 11,9	76,4 ± 13,3	76,4 ± 14,5
Estatura (cm)	1,74 ± 0,07	1,74 ± 0,07	1,73 ± 0,05	1,71 ± 0,05	1,70 ± 0,05	1,72 ± 0,09	1,71 ± 0,1
IMC (cm)	25,6 ± 3,7	26,3 ± 3,6	26,1 ± 3,2	26,6 ± 3,5	26,3 ± 3,3	25,8 ± 3,6	26,2 ± 2,5
FC repouso	75,7 ± 10,2	78,3 ± 15,4	77,4 ± 12,6	77,9 ± 13,4	75,8 ± 9,2	74,1 ± 9,6	85,0 ± 13,3
VO <sub>2max</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	46,9 ± 14,9	42,7 ± 8,6	46,4 ± 11,9	43,1 ± 8,9	39,0 ± 3,9	40,1 ± 7,7	31,5 ± 6,8

n = 164. Valores expressos em média e desvio-padrão.  
IMC: índice de massa corporal.

**Tabela 2**  
Características das mulheres da mostra

Subgrupo	30-35 n = 12	36-40 n = 21	41-45 n = 21	46-50 n = 27	51-55 n = 18	56-60 n = 13	61-65 n = 10	>66 n = 13
Idade (anos)	33,2 ± 1,7	38,5 ± 1,3	42,5 ± 1,2	48,0 ± 1,3	53,2 ± 1,3	58,2 ± 1,3	62,1 ± 1,2	70,0 ± 2,8
Peso (kg)	63,5 ± 8,8	64,8 ± 13,5	62,4 ± 9,9	64,0 ± 9,9	65,3 ± 10,7	62,7 ± 10,3	61,8 ± 8,0	59,9 ± 11,8
Estatura (cm)	1,64 ± 0,06	1,61 ± 0,07	1,59 ± 0,06	1,59 ± 0,06	1,6 ± 0,05	1,58 ± 0,06	1,60 ± 0,06	1,58 ± 0,11
IMC (cm)	23,7 ± 3,6	24,9 ± 4,5	24,9 ± 4,1	25,3 ± 3,6	25,6 ± 4,1	25,2 ± 4,0	24,2 ± 3,0	23,8 ± 3,1
FC repouso	89,4 ± 15,3	89,0 ± 12,1	93,0 ± 14,6	80,4 ± 15,3	81,2 ± 11,5	87,4 ± 9,5	77,1 ± 9,9	76,5 ± 9,0
VO <sub>2max</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	31,6 ± 6,3	31,6 ± 6,0	30,4 ± 4,4	30,9 ± 6,3	28,5 ± 5,7	27,0 ± 4,4	27,2 ± 5,0	26,1 ± 5,8

n = 135. Valores expressos em média e desvio-padrão.  
IMC: índice de massa corporal.

dimentos foram realizados na sala de ergometria, sendo esta climatizada ( $25 \pm 1$  °C). Os TE foram realizados por médicos cardiologistas, que adotaram as recomendações da SBC<sup>28</sup>. A massa corporal foi mensurada com resolução de 0,1 kg, utilizando-se uma balança digital (2006pp Toledo®, Brasil). A estatura foi mensurada com resolução de 0,1 cm, em um estadiômetro (Welmy®, Brasil).

Os protocolos utilizados para os homens foram o de Bruce<sup>29</sup> (83,5%) e Ellastad e Kemp<sup>30</sup> (16,5%) e, para as mulheres, o de Bruce<sup>29</sup> (95,5%), Ellastad e Kemp<sup>30</sup> (2,9%) e Bruce modificado<sup>4</sup> (1,48%). A FC foi monitorada continuamente por meio de eletrocardiografia (Apex 2000, TEB®, Brasil) desde o repouso, durante o TE (ambos com 13 derivações-padrão) e até seis minutos de recuperação. A derivação CM5 foi definida como canal de ritmo. A determinação do valor da FC foi feita automaticamente, por meio do cálculo da média móvel dos intervalos R-R dos oito últimos batimentos cardíacos. Resumidamente, a FC média dos oito últimos batimentos =  $1/(R-R)_m \times 60$ , em que  $(R-R)_m$  é a média dos últimos oito intervalos R-R, em segundos. O software utilizado na monitoração eletrocardiográfica foi a Apex 2000, TEB®, Brasil, o qual controlou a velocidade e a inclinação da esteira através de interface com o computador. Após verificação de possíveis interferências no traçado eletrocardiográfico e ocorrência de extra-sístoles, a FCM<sub>obt</sub> foi considerada como o maior valor atingido durante o TE.

Os participantes foram informados verbalmente acerca dos procedimentos do TE, quando foram instruídos a se exercitar até que não mais estivessem aptos a continuar. Para comparação da FCM<sub>obt</sub> com a FCM<sub>pre</sub> foram selecionadas 10 equações para os homens e 5 para as mulheres, segundo o perfil populacional de aplicação à amostra do presente estudo (tabela 3).

### Análise estatística

Os dados foram apresentados como média, desvio-padrão e valores máximos e mínimos. A normalidade da distribuição dos dados foi realizada através do teste de Kolmogorov-Smirnov. O teste de Pearson foi usado para correlacionar a idade com a FCM<sub>obt</sub>. Para comparar a FCM<sub>obt</sub> com a FCM<sub>pre</sub> pelas equações selecionadas, foi aplicado *Student's paired t-test*. O nível de significância adotado foi de  $p \leq 0,05$ .

**Tabela 3**

Equações utilizadas para predição da frequência cardíaca máxima de acordo com o perfil populacional de aplicação

Estudos	Equação	Perfil populacional
<b>Homens</b>		
Fernandez (1998) <sup>31</sup>	FCM = 200 - 0,5 (idade)	Indiferente
Fernhal et al (2001) <sup>13</sup>	FCM = 205 - 0,64 (idade)	Assintomático
Graettinger et al (1995) <sup>32</sup>	FCM = 199 - 0,63 (idade)	Assintomático
Inbar et al (1994) <sup>33</sup>	FCM = 205,8 - 0,685 (idade)	Indiferente
Jones et al (1985) <sup>25</sup>	FCM = 202 - 0,72 (idade)	Assintomático
Ricard et al (1990) <sup>34</sup>	FCM = 205 - 0,687 (idade)	Indiferente
Rodeheffer et al (1984) <sup>35</sup>	FCM = 214 - 1,02 (idade)	Assintomático
Tanaka et al (2001) <sup>7</sup>	FCM = 211 - 0,8 (idade)	Sedentários
Tanaka et al (2001) <sup>7</sup>	FCM = 207 - 0,7 (idade)	Ativos
Tanaka et al (2001) <sup>7</sup>	FCM = 208,75 - 0,73 (idade)	Indiferente
<b>Mulheres</b>		
Fernandez (1998) <sup>31</sup>	FCM = 210 - (idade)	Indiferente
Graettinger et al (1995) <sup>32</sup>	FCM = 197 - 0,63 (idade)	Normotensos
Jones et al (1985) <sup>25</sup>	FCM = 202 - 0,72 (idade)	Assintomático
Miller et al (1993) <sup>14</sup>	FCM = 218 - 0,98 (idade)	Peso normal
Rodeheffer et al (1984) <sup>35</sup>	FCM = 208,19 - 0,95 (idade)	Indiferente

Citado no estudo de Scolfaro et al<sup>15</sup>.

FCM: frequência cardíaca máxima

### Resultados

Quanto à relação da idade com a FCM<sub>obt</sub> verificou-se que nos homens a relação foi menor do que nas mulheres ( $r = -0,53$  e  $r = -0,65$ , respectivamente; ambos  $p < 0,01$ ), como visto na figura 1.

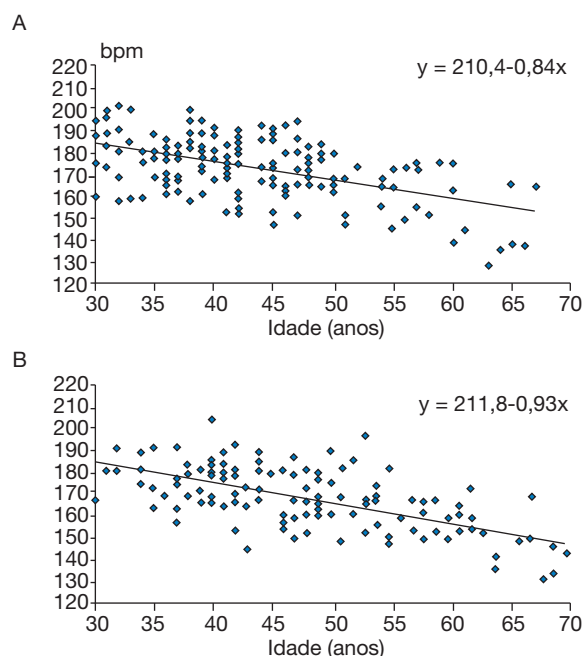
Os resultados de comparação entre os valores de FCM<sub>obt</sub> no TE e os das equações são apresentados nas tabelas 4 e 5.

A equação de destaque foi a de Tanaka et al (2001)<sup>7</sup> [ $211 - 0,8 \times \text{idade}$ ], que não apresentou diferença estatística com a FCM<sub>obt</sub> entre os subgrupos masculinos. Para as mulheres, a equação de Jones et al (1985)<sup>25</sup> [ $202 - 0,72 \times \text{idade}$ ] se mostrou mais adequada, não apresentando diferença significativa em relação à FCM<sub>obt</sub> nos subgrupos estudados ( $p > 0,05$ ).

### Discussão

O coeficiente de correlação encontrado para os homens ( $r = -0,53$ ;  $p < 0,01$ ) deste estudo foi inferior aos valores encontrados por Hernandez et al<sup>36</sup> ( $r = -0,62$ ) e Hossack e Bruce<sup>10</sup> ( $r = -0,63$ ) em amostras com o mesmo perfil. Uma correlação maior foi obtida nas mulheres ( $r = -0,65$ ;  $p < 0,01$ ) no presente estudo. Este valor está acima dos coeficientes encontrados por Hossack e Bruce<sup>10</sup> ( $r = -0,45$ ) e por Hernandez et al<sup>36</sup> ( $r = -0,59$ ), encontrados para um mesmo perfil populacional. Um valor semelhante foi obtido por Tanaka et al<sup>37</sup> ( $r = -0,69$ ) em estudo longitudinal em mulheres sedentárias.

Para os homens, a redução anual da FCM no presente estudo foi de 0,84 bpm, próximo dos valores encontrados por Hossack e Bruce<sup>10</sup> (1,04 bpm; idade  $50,1 \pm 11,1$  anos) e Rogers et al<sup>38</sup> (1 bpm; idade  $61,4 \pm 1,4$  anos). Quanto às mulheres foi encontrado um declínio anual de FCM de 0,93 bpm. Esse valor está acima de 0,6 bpm por ano, obtido por Tanaka



**Figura 1.** Correlação dos valores FCM<sub>obt</sub> através da correlação de Pearson (A em homens e B em mulheres) em intervalo de confiança de 95%. Cada ponto indica os valores individuais. bpm: beats per minute.

**Tabela 4**

Comparação entre os valores medidos no teste ergométrico nos homens com os das equações de predição para a frequência cardíaca máxima

Subgrupo	30-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-67
Fernandez et al (1998) <sup>31</sup>	183,8 ± 0,84	181,0 ± 0,71	178,5 ± 0,78	176,1 ± 0,68	173,4 ± 0,79*	171,0 ± 0,78	167,8 ± 0,92*
FCM = 200-0,5 (idade)	(185,0-182,5)	(182,0-180,0)	(179,5-177,5)	(177,0-175,0)	(174,5-172,5)	(172,0-170,0)	(169,5-166,5)
Ferhall et al (2001) <sup>13</sup>	184,2 ± 1,08	180,6 ± 0,91	177,5 ± 1,00	174,4 ± 0,87	171,0 ± 1,01*	167,8 ± 0,99	163,8 ± 1,18*
FCM = 205-0,64 (idade)	(185,8-182,6)	(182,0-179,4)	(178,8-176,2)	(175,6-173,0)	(172,4-169,8)	(169,2-166,6)	(166,0-162,1)
Graettinger et al (1995) <sup>32</sup>	178,6 ± 1,06	175,0 ± 0,90*	172,0 ± 0,99	168,8 ± 0,86*	165,5 ± 0,99	162,4 ± 0,98	158,4 ± 1,16
FCM = 199-0,63 (idade)	(180,1-177,0)	(176,3-173,8)	(173,2-170,7)	(170,0-167,5)	(166,9-164,4)	(163,7-161,2)	(160,0-156,8)
Inbar et al (1994) <sup>33</sup>	183,6 ± 1,15	179,7 ± 0,97	176,4 ± 1,07	173,0 ± 0,94	169,4 ± 1,08*	166,0 ± 1,06	161,7 ± 1,26*
FCM = 205,8 - 0,685 (idade)	(185,3-181,8)	(181,1-178,4)	(177,7-175,0)	(174,3-171,6)	(170,9-168,1)	(167,4-164,7)	(164,0-159,9)
Jones et al (1985) <sup>25</sup>	178,6 ± 1,21	174,6 ± 1,02*	171,1 ± 1,13	167,5 ± 0,98*	163,7 ± 1,13	160,2 ± 1,12	155,6 ± 1,33
FCM = 202-0,72 (idade)	(180,4-176,8)	(176,1-173,2)	(172,5-169,6)	(168,9-166,0)	(165,3-162,4)	(161,7-158,8)	(158,1-153,8)
Ricard et al (1990) <sup>34</sup>	182,7 ± 1,16	178,8 ± 0,98	175,5 ± 1,07	172,1 ± 0,94	168,5 ± 1,08	165,1 ± 1,07	160,7 ± 1,26*
FCM = 205 - 0,687 (idade)	(184,4-181,0)	(180,3-177,5)	(176,8-174,1)	(173,4-170,7)	(170,0-167,2)	(166,5-163,8)	(163,1-159,0)
Rodeheffer et al (1984) <sup>35</sup>	180,09 ± 1,72	175,2 ± 1,45	170,2 ± 1,60	165,2 ± 1,39*	159,8 ± 1,60	154,8 ± 1,58*	148,3 ± 1,88
FCM = 214-1,02 (idade)	(183,4-178,3)	(177,3-173,2)	(172,2-168,1)	(167,1-163,0)	(162,0-157,9)	(156,9-152,8)	(151,8-145,7)
Tanaka et al (2001) <sup>7</sup>	185,0 ± 1,35	180,5 ± 1,14	176,7 ± 1,25	172,7 ± 1,09	168,5 ± 1,26	164,5 ± 1,24	159,5 ± 1,47
FCM = 211-0,8 (idade)	(187,0-183,0)	(182,2-179,0)	(178,2-175,0)	(174,2-171,0)	(170,2-167,0)	(166,2-163,0)	(162,2-157,4)
Tanaka et al (2001) <sup>7</sup>	184,3 ± 1,18	180,3 ± 0,99	177,0 ± 1,09	173,5 ± 0,96	169,8 ± 1,10*	166,3 ± 1,09	161,9 ± 1,29*
FCM = 207-0,7 (idade)	(186,0-182,5)	(181,8-179,0)	(178,3-175,5)	(174,8-172,0)	(171,3-168,5)	(167,8-165,0)	(164,3-160,1)
FCM obtida no TE	181,1 ± 12,40	178,4 ± 9,69	174,2 ± 12,23	173,0 ± 9,31	162,2 ± 9,73	164,5 ± 12,20	145,4 ± 13,43
	(202-159)	(200-159)	(193-148)	(195-152)	(174-146)	(176-139)	(166-129)

Valores expressos em média, desvio-padrão e em valores máximos e mínimos.

\*Diferença significativa em relação à FCM<sub>obt</sub> no TE para o subgrupo (p < 0,05).

FCM: frequência cardíaca máxima; TE: teste ergométrico.

**Tabela 5**

Comparação entre os valores medidos no teste ergométrico nas mulheres com os das equações de predição para a frequência cardíaca máxima

Subgrupo	30-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	>66
Fernandez et al (1998) <sup>31</sup>	176,8 ± 1,62	171,5 ± 1,30	167,5 ± 2,6*	162,0 ± 1,26	156,8 ± 1,30*	151,8 ± 2,9*	147,9 ± 1,14	140,0 ± 2,72
FCM = 210-(idade)	(180,0-175,0)	(174,0-170,0)	(169,0-165,0)	(164,0-160,0)	(159,0-155,0)	(154,0-150,0)	(149,0-146,9)	(144,0-135,0)
Graettinger et al (1995) <sup>32</sup>	176,1 ± 1,02	172,8 ± 0,82	170,2 ± 0,79	166,8 ± 0,79	163,5 ± 0,82	160,4 ± 0,81	157,9 ± 0,72	152,9 ± 1,51*
FCM = 197-0,63 (idade)	(178,1-175,5)	(174,3-171,8)	(171,2-168,7)	(168,0-165,5)	(164,9-162,4)	(161,7-159,2)	(158,6-157,7)	(155,4-149,8)
Jones et al (1985) <sup>25</sup>	181,1 ± 1,17	174,3 ± 0,94	171,4 ± 0,91	167,5 ± 0,91	163,7 ± 0,94	160,1 ± 0,93	157,3 ± 0,82	151,6 ± 1,96
FCM = 202-0,72 (idade)	(180,4-176,8)	(176,1-173,2)	(172,5-169,6)	(168,9-166,0)	(165,3-162,4)	(161,7-158,8)	(158,1-155,9)	(154,5-148,0)
Miller et al (1993) <sup>14</sup>	185,5 ± 1,59*	180,3 ± 1,28*	176,4 ± 1,23	171,0 ± 1,24*	165,9 ± 1,28	161,0 ± 1,27	157,1 ± 1,11	149,4 ± 2,66
FCM = 218-0,98 (idade)	(188,6-183,7)	(182,7-178,8)	(177,8-173,9)	(172,9-169,0)	(168,8-164,1)	(163,1-159,2)	(158,2-155,3)	(153,3-144,5)
Rodeheffer et al (1984) <sup>35</sup>	176,5 ± 1,54	171,7 ± 1,24	167,8 ± 1,20*	162,6 ± 1,20	157,7 ± 1,24*	152,9 ± 1,23	149,2 ± 1,8	141,7 ± 2,58
FCM = 208,19-0,95 (idade)	(179,7-174,9)	(174,0-170,2)	(169,2-165,4)	(164,5-160,7)	(159,7-155,9)	(155,0-151,2)	(150,2-147,4)	(145,5-136,9)
FCM obtida no TE	178,9 ± 9,83	174,9 ± 10,43	173,95 ± 12,39	165,9 ± 11,26	165,7 ± 13,90	157,2 ± 7,52	152,5 ± 10,57	143,4 ± 12,95
	(191-162)	(204-155)	(193-142)	(189-147)	(197-145)	(166-147)	(171-133)	(169-128)

Valores expressos em média, desvio-padrão e em valores máximos e mínimos.

\*Diferença significativa em relação à FCM<sub>obt</sub> no TE para o subgrupo (p < 0,05).

FCM: frequência cardíaca máxima; TE: teste ergométrico.

et al<sup>37</sup> (idade 25 ± 1 ano) e Hossack e Bruce<sup>10</sup> (idade 41,7 ± 9,9 anos). É interessante ressaltar que a idade média foi bem diferente nos dois trabalhos, mas ambos chegaram aos mesmos resultados. Astrand et al<sup>8</sup> obtiveram uma taxa de redução de 0,57 bpm por ano ao acompanharem uma população de mulheres ativas fisicamente durante 33 anos.

Dessa forma, a taxa de declínio anual da FCM mostrou que os resultados obtidos estão dentro da faixa de ~0,5 a 1 bpm, observados nos estudos indicados na tabela 6.

Observa-se na tabela 6 que as mulheres ativas e sedentárias mostraram semelhante declínio anual da FCM (~0,6 bpm)<sup>8,39</sup>. Já os homens apresentaram diferenças entre sedentários e ativos<sup>40-42</sup>. Tanaka et al<sup>37</sup>, em um estudo transversal com 84 corredoras e 72 mulheres sedentárias, chegaram à conclusão que ambas apresentaram taxas semelhantes no declínio da FCM, de 5,6 e 6 bpm por década, respectivamente, apresentando-se inversamente relacionada com a idade (p < 0,001).

Um maior declínio anual da FCM<sub>obt</sub> das mulheres em relação aos homens (0,93 vs. 0,84 bpm, respectivamente) foi observado no presente estudo (p < 0,05). Esses dados corroboram os achados de Astrand et al<sup>8</sup>, os quais encontraram maior redução da FCM<sub>obt</sub> nas mulheres em relação aos homens após 33 anos de estudo. Contudo, Hossack e Bruce<sup>10</sup> verificaram o inverso, ou seja, a FCM<sub>obt</sub> diminui mais rapidamente nos ho-

mens do que nas mulheres.

O declínio da FCM<sub>obt</sub> com o aumento da idade foi semelhante em ambos os sexos, com exceção dos homens no subgrupo 56-60 a 61-65, onde a curva de declínio foi mais acentuada (p < 0,05), com a FCM<sub>obt</sub> média passando de 164 ± 12,7 para 145 ± 14,5 bpm. Em amostra de homens e mulheres sedentários e saudáveis, Hossack e Bruce<sup>10</sup> encontraram resultados semelhantes: a FCM<sub>obt</sub> foi maior nos homens mais jovens do que nas mulheres. No entanto, as mulheres mais velhas (sétima e oitava décadas de vida) apresentaram FCM<sub>obt</sub> maiores, em virtude do declínio mais rápido da FCM<sub>obt</sub> com a idade nos homens.

Em estudo<sup>36</sup> com 1.853 indivíduos treinados (14,3%) e destreinados (85,7%) também foi encontrado maior FCM nos homens. Deve-se ressaltar que esse trabalho foi realizado sob baixas condições atmosféricas da Cidade do México. Já Astrand et al<sup>8</sup> encontraram maior FCM<sub>obt</sub> nas mulheres fisicamente ativas, em relação aos homens fisicamente ativos, nas três avaliações feitas no período de 33 anos.

A FCM<sub>obt</sub> da amostra deste estudo ficou abaixo da FCM<sub>obt</sub> encontrada em outros estudos<sup>8,37,38</sup>, que apresentam um perfil etário semelhante porém com um grupo de avaliados submetidos a treinamento físico sistemático. Estes indícios sugerem que o nível de atividade física na faixa etária mais avançada poderá proporcionar uma maior FCM. Este com-

**Tabela 6**

Declínio da frequência cardíaca máxima obtida apresentado em estudos longitudinais e transversais

Estudo	População	n	Idade inicial	Declínio FCM	Redução anual (bpm)
Astrand et al <sup>8</sup>	Homens ativos	26	25,5 ± 3,6	15,6 bpm/33 anos	0,47
	Mulheres ativas	27	22 ± 1,2	19 bpm/33 anos	0,57
Hossack e Bruce <sup>10</sup>	Homens sedentários	98	50,1 ± 11	Estudo transversal	1,04
	Mulheres sedentárias	104	41,7 ± 9,9		0,6
Tanaka et al <sup>37</sup>	Mulheres sedentárias	72	25 ± 1	6 bpm/década	0,6
	Corredoras de endurance	84	26 ± 1	5,6 bpm/década	0,56
Rogers et al <sup>38</sup>	Atletas masters	15	62 ± 2,3	Não alterou	0
	Homens saudáveis	14	61,4 ± 1,4	8 bpm/8 anos	1
Jackson et al <sup>39</sup>	Mulheres saudáveis	43	44,2 ± 8,9	1,6 bpm após 3,7 anos <sup>8</sup>	0,43
Jackson et al <sup>40</sup>	Homens saudáveis	156	45,6 ± 5	2,5 bpm/4 anos	0,62
Astrand et al <sup>41</sup>	Homens ativos	31	25,9	12 bpm/21 anos	0,57
	Mulheres ativas	35	21,9	15 bpm/21 anos	0,71
Robinson et al <sup>42</sup>	Atletas corredores	13	24,3	6 bpm/32 anos	0,18
	Não-atletas	9	19-22	17 bpm/32 anos	0,53
Pollock et al <sup>43</sup>	Atletas treinados	21	50,5 ± 8,5	5-7 bpm/década	0,5-0,7
Trappe et al <sup>44</sup>	Atletas treinados e destreinados	43	25,3	11 bpm/22 anos	0,5
	Idosos treinados*	10	46,8 ± 3,1	19,6 bpm/22 anos	0,89
Hagerman et al <sup>45</sup>	Remadores olímpicos	9	23,8 ± 1,4	15 bpm/20 anos	0,78
Pollock et al <sup>45</sup>	Atletas competitivos	11	50,2 ± 8,3	Ambos 7 bpm/década	Ambos 0,7
	Atletas pós-competitivos	13	53,9 ± 9,7		

\* Sujeito idade ≥ 65 anos ao final do estudo; \*Não-significativo  $p > 0,05$ .  
bpm: beats per minute.

portamento pode ser decorrente de ajustes cardíacos específicos, ou de uma melhor tolerância muscular localizada em membros inferiores de forma a permitir maior tempo de teste de esforço em esteira, viabilizando assim atingir valores de FCM mais elevados. Estas condições reforçariam a necessidade de se utilizar fórmulas específicas conforme o nível de condicionamento físico do avaliado<sup>18,24</sup>.

Deve-se destacar que praticantes de atividades físicas regulares têm maior confiança durante a realização do TE. Em contrapartida, indivíduos sedentários são mais inseguros, pois não conhecem a sua real tolerância ao esforço físico<sup>23</sup>. Isso pode ir ao encontro dos dados de FCM<sub>obt</sub> no presente estudo, pois alguns indivíduos tinham pouca experiência motora em esteira rolante. Essas condições sinalizam a necessidade de selecionar uma equação tomando como base o nível de aptidão física e/ou envolvimento com atividades físicas regulares<sup>24</sup>.

Evidências fisiológicas demonstram também que essa resposta cronotrópica declinando com a idade é em parte decorrente da eficácia do modulador  $\beta$ -adrenérgico, da diminuição do fluxo de cálcio, das mudanças teciduais no marcapasso, da maior prevalência de arteriosclerose periférica, e do medo de exercício máximo<sup>47-49</sup>.

Ao se considerar a aplicabilidade das equações, é de se esperar que cada equação apresente maior precisão dependendo da faixa etária, quando se considera que a redução da FCM ocorre de maneira não-linear<sup>8,50</sup>. Como destacado anteriormente (tabelas 4 e 5), a equação de Tanaka et al<sup>7</sup> ( $211 - 0,8 * idade$ ) se mostrou mais adequada em todos os subgrupos para os homens. Já para as mulheres a equação de Jones et al<sup>25</sup> ( $202 - 0,72 * idade$ ) foi a que teve melhor aplicabilidade em todos os subgrupos etários. A indicação de ambas equações tomam como base que não apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $p > 0,05$ ) em todos os grupos etários considerados, respectivamente para homens e mulheres.

Nos homens, a equação de Tanaka et al<sup>7</sup> ( $211 - 0,8 * idade$ ) superestimou a FCM<sub>obt</sub> apenas no subgrupo de 61-67, em que a FCM<sub>obt</sub> foi de 145 bpm e a FCM<sub>pre</sub> de 160 bpm, contudo esta diferença não foi considerada significativa. No subgrupo 51-55 anos a diferença foi de 6 bpm e, nos demais, não passou de 4 bpm ( $p > 0,05$ ) (tabela 4). Dessa forma, essa equação se mostrou adequada para este perfil populacional, podendo ser aplicada com segurança para os indivíduos de 30 a 50 anos de idade. Para idades de 56 a 67 anos, essa equação deve ser usada com bastante cautela.

De fato, essas observações foram relatadas no próprio trabalho de Tanaka et al<sup>7</sup>, onde esta equação foi proposta. Segundo esses pesquisadores, para indivíduos com idade superior a 40 anos, a equação apresenta estimativa com valores mais altos de FCM<sub>pre</sub> em relação a FCM<sub>obt</sub> em TE.

Outros estudos feitos com brasileiros mostraram que outra equação proposta por Tanaka et al<sup>7</sup> ( $FCM = 208 - 0,7 * idade$ ) também superestima a FCM em idades mais avançadas. Em seu estudo, Silva et al<sup>16</sup> observaram que esta equação superestimou significativamente ( $p < 0,001$ ) em 15,5 bpm a FCM em 93 mulheres idosas ( $67,1 \pm 5,16$  anos), obtendo baixo coeficiente de correlação ( $r = 0,35$ ) em relação ao TE em esteira.

Com relação às mulheres do presente estudo, observa-se que a FCM calculada pela equação de Jones et al<sup>25</sup> se distanciou muito da média obtida apenas no subgrupo (>66), em que a FCM<sub>pre</sub> foi de 152 bpm, e a obtida, de 143 bpm ( $p < 0,05$ ). Na faixa etária de 61-65 anos, a diferença foi de 4,5 bpm, enquanto nas demais a diferença não excedeu a 3 bpm ( $p > 0,05$ ).

Relacionando esses achados aos de outros estudos, testando outras equações de predição da FCM, observa-se que uma aplicabilidade aceitável varia de acordo com o perfil amostral estudado. Por exemplo, em uma população portuguesa<sup>17</sup> constatou-se que a FCM<sub>obt</sub> não apresentou diferenças significativas com relação à FCM<sub>pre</sub> por ( $220 - idade$ ) em um estudo retrospectivo com 170 indivíduos, aparentemente saudáveis, submetidos a TE, utilizando os protocolos de Bruce ou de Bruce modificado.

No entanto, em idosas brasileiras<sup>16</sup> a equação [ $220 - idade$ ] superestimou significativamente ( $p < 0,001$ ) a FCM<sub>obt</sub> por uma diferença média de 7,4 bpm em TE de Bruce adaptado. Esse resultado também está em concordância com o de Gellish et al<sup>50</sup>, os quais, em análise retrospectiva com 132 indivíduos de ambos os sexos (idade  $48,3 \pm 9,6$  anos) verificou-se que a relação entre idade e FCM<sub>obt</sub> durante o TE resultou em uma equação de predição diferente da equação convencional ( $220 - idade$ ) ( $p < 0,001$ ), não recomendando sua utilização.

Dessa forma, observa-se que a adequação de predição de FCM responde diferentemente de acordo com a população estudada. A utilização indiscriminada de várias delas ocorre no nosso dia-a-dia às vezes pela facilidade de cálculos, ou mesmo pela necessidade de obter um parâme-

tro de forma rápida, seja para prescrever ou avaliar um indivíduo. Contudo, é necessária uma análise mais criteriosa quando da seleção de uma equação junto a um determinado público específico, não se podendo assim generalizar o emprego de uma única equação. Fatores como tipo de exercício, aptidão física, estado de saúde e idade são exemplos de variáveis que podem apontar o emprego de equações específicas.

Algumas limitações existiram no presente estudo, pelo fato de se ter utilizado a ergometria convencional e não um teste com análise de gases respiratórios, o que limita sua interpretação. Tentativas para minimizar essa possibilidade foram feitas. Mesmo assim, os resultados observados podem apresentar uma aplicação prática importante, uma vez que a grande maioria das clínicas cardiológicas no Brasil emprega testes ergométricos convencionais em suas avaliações<sup>51,52</sup>. Estabelecer as equações mais adequadas para cada perfil populacional auxilia tanto a equipe médica na elaboração de um diagnóstico mais preciso, como os profissionais de Educação Física, visando estabelecer a intensidade de programas de exercícios físicos tomando como referência a  $FCM_{pre}$ .

Conclui-se que a  $FCM_{obt}$  é progressivamente reduzida segundo o fator idade tanto nos homens quanto nas mulheres. A equação de Tanaka et al<sup>7</sup> ( $211-0,8*idade$ ) nos homens e a de Jones et al<sup>25</sup> ( $202-0,72*idade$ ) nas mulheres mostraram-se as mais adequadas para estimar a FCM em exercício na esteira rolante, para uma população saudável entre 30 e 75 anos.

## Agradecimentos

CAPES

## Resumo

### Frequência cardíaca máxima obtida e calculada: estudo retrospectivo em brasileiros

**Objetivo.** Correlacionar a idade com a frequência cardíaca máxima obtida ( $FCM_{obt}$ ) durante teste ergométrico (TE), bem como comparar a  $FCM_{obt}$  com os valores calculados por diferentes equações de predição ( $FCM_{pre}$ ), em homens e mulheres brasileiras a partir de 30 anos de idade.

**Método.** A amostra foi composta por 299 indivíduos assintomáticos com idade entre 30 e 75 anos, sendo 164 homens ( $48,2 \pm 11,5$  anos) e 135 mulheres ( $50,6 \pm 12,6$  anos). Os dados foram coletados através de análise retrospectiva de dados de TE obtidos em uma clínica cardiológica privada. A correlação e a concordância entre os valores de  $FCM_{obt}$  e  $FCM_{pre}$  foram testadas.

**Resultados.** O coeficiente de correlação entre a idade e a  $FCM_{obt}$  encontrado para os homens ( $r = -0,53$ ;  $p < 0,01$ ) foi menor que nas mulheres ( $r = -0,65$ ;  $p < 0,01$ ). Não houve diferença entre a  $FCM_{obt}$  e  $FCM_{pre}$  pela equação de Tanaka et al (2001) [ $211-0,8*idade$ ] para os homens e pela equação de Jones et al (1985) [ $202-0,72*idade$ ] para as mulheres, em todos os subgrupos etários ( $p > 0,05$ ). A resposta cronotrópica mostrou-se dependente da idade, diminuindo progressivamente com o envelhecimento, de modo diferente em homens e mulheres.

**Conclusão.** A equação de Tanaka et al (2001) [ $211-0,8*idade$ ] nos homens e a de Jones et al (1985) [ $202-0,72*idade$ ] nas mulheres mostrou-se mais adequadas para estimar a FCM, para pessoas com mais de 30 anos.

#### Palavras-chave:

Frequência cardíaca.  
Teste de esforço.  
Equação de predição.

## Bibliografia

- Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*. 2003;33(5):17-38.

- Brownley KA, Hinderliter AL, West SG, Girdler SS, Sherwood A, Light KC. Sympathoadrenergic mechanisms in reduced hemodynamic stress responses after exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(6):978-86.
- Moraes VR. Frequência cardíaca e sua variabilidade: análises e aplicações. *Rev Andal Med Deporte*. 2010;3(1):33-42.
- ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 91-114.
- Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the  $HR_{max} = "220-age"$  equation. *JEPonline*. 2002;5(2):1-10.
- Karvonen J, Vuoriamaa T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports Med*. 1998;8:303-12.
- Tanaka HK, Monahan D, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37:153-6.
- Astrand PO, Bergh V, Kilbom A. A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. *J Appl Physiol*. 1997;82(6):1844-52.
- Whaley MH, Kaminsky LA, Dwyer GB, Getchell LH, Norton JA. Predictors of over- and underachievement of age-predicted maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(10):1173-9.
- Hossack KF, Bruce RA. Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: comparison of age-related changes. *J Appl Physiol*. 1982;53(4):799-804.
- Marins J, Delgado M. Comparação da frequência cardíaca máxima por meio de provas com perfil aeróbico e anaeróbico. *Fit Perf J*. 2004;3(3):166-74.
- Marins J, Delgado M. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes deportistas. *Arch Med Deporte*. 2007;24:112-20.
- Fernhall B, Mc Cubbin JA, Pitetti KH, Rintala P, Rimmer JH, Millar AL, et al. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(10):1655-60.
- Miller W, Wallace J, Eggert K. Predicting max hr and the  $HR-VO_2$  relationship for exercise prescription in obesity. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(9):1077-81.
- Scolfaro IB, Marins JC, Regazzi AJ. Estudo comparativo da frequência cardíaca máxima em três modalidades cíclicas. *Revista APEF*. 1998;13(1):44-54.
- Silva VA, Bottaro M, Justino MA, Ribeiro MM, Lima RM, Oliveira RJ. Frequência cardíaca máxima em idosas Brasileiras: uma comparação entre valores medidos e previstos. *Arq Bras Cardiol*. 2007;88(3):314-20.
- Mesquita A, Trabulo M, Mendes M, Viana JF, Seabra-Gomes R. The maximum heart rate in the exercise test: 220 - age formula or Sheffield's table? *Rev Port Cardiol*. 1996;15(2):139-44.
- Zavorsky GS. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med*. 2000;29(1):13-26.
- Marins JC. Comparación de la respuesta de la frecuencia cardíaca máxima y fórmulas para su predicción. Granada: Universidad de Granada; 2003.
- Kesaniemi Y, Danforth E, Jensen M, Kopelman P, Lefebvre P, Reeder B. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(6):S351-8.
- Howley E, Bassett D, Welch H. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:1292-301.
- Karvonen M, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann Medicine Exper Fenn*. 1957;35(3):307-15.
- Araújo C, Pinto V. Frequência cardíaca máxima em testes de exercício em esteira rolante e em cicloergômetro de membros inferiores. *Arq Bras Cardiol*. 2005;85(1):45-50.
- Londeree B, Moeschberger M. Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Res Q Exer Sport*. 1982;53(4):297-304.
- Jones N, Makrides L, Hitchcock C, Chyphar T, McCartney N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Respir Dis*. 1985;131:700-8.
- Heffield L, Maloof J, Sawyer J, Roitman D. Maximal heart rate and treadmill performance of healthy women in relation to age. *Circulation*. 1978;57(1):79-84.
- Schiller B, Casas Y, Desouza A, Seals D. Maximal aerobic capacity across age in healthy Hispanic and Caucasian women. *J Appl Physiol*. 2001;91(3):1048-54.
- Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC). II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. *Arq Brás Cardiol* 2002; 78(sup II):1-18.
- Bruce RA. Exercise testing of patients with coronary heart disease. Principles and normal standards for evaluation. *Ann Clin Res*. 1971;3(6):323-32.
- Ellestad M, Kemp H. Maximal stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation*. 1969;39:517-22.
- Fernández, E. Fisiología del aparato cardiovascular: respuestas y adaptaciones al ejercicio. En: Marqueta P, Ferrero A, editores. Fisiología del ejercicio aplicado al deporte. Aragón: Diputación General de Aragón; 1998.
- Graettinger W, Smith D, Neutel J, Myers J, Froelicher V, Weber M. Relationship of left ventricular structure to maximal heart rate during exercise. *Chest*. 1995;107(2):341-5.

33. Inbar O, Oten A, Scheinowitz M, Rotstein A, Dlin R, Casaburi R. Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20-70-yr-old men. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26:538-46.
34. Ricard R, Leger L, Massicotte D. Validity of the "220-age formula" to predict maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22 Suppl 96:a575.
35. Rodeheffer R, Gerstenblith G, Becker L, Fleg J, Weisfeldt M, Lakatta E. Exercise cardiac output is maintained with advancing age in healthy human subjects: cardiac dilatation and increased stroke volume compensate for a diminished heart rate. *Circulation.* 1984;69:203-13.
36. Hernández L, Sierra G, Fichel P. Frecuencia cardiaca máxima durante la prueba de esfuerzo en banda en 1853 individuos sanos. Su relación con la edad y bajo las condiciones atmosféricas de la Ciudad de México. *Arch Inst Cardiol.* 2000;70(3):261-7.
37. Tanaka HK, Desouza CA, Jones PP, Stevenson ET, Davy KP, Seals DR. Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in physically active vs. sedentary healthy women. *J Appl Physiol.* 1997;83(6):1947-53.
38. Rogers MA, Hagberg JM, Martin WH 3rd, Ehsani AA, Holloszy JO. Decline in  $VO_{2max}$  with aging in masters athletes and sedentary men. *J Appl Physiol.* 1990;68(5):2195-9.
39. Jackson AS, Wier LT, Ayers GW, Beard EF, Stuteville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of women, ages 20-64 yr. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(7):884-91.
40. Jackson AS, Beard EF, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of men, ages 25-70 yr. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(1):113-20.
41. Astrand I, Astrand PO, Hallback I, Kilbom A. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *J Appl Physiol.* 1973;35(5):649-54.
42. Robinson S, Dill DB, Robinson RD. Physiological aging of champion runners. *J Appl Physiol.* 1976;41(1):46-51.
43. Pollock ML, Mengelkoch LJ, Graves JE, Lowenthal DT, Limacher MC, Foster C, et al. Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. *J Appl Physiol.* 1997;82(5):1508-16.
44. Trappe S, Costill DL, Vukovich VD, Jones J, Melham T. Aging among elite distance runners: a 22-yr longitudinal study. *J Appl Physiol.* 1996;80(1):285-90.
45. Hagerman FC, Fielding RA, Fiatarone MA, Gault JA, Kirkendall DT, Ragg KE, et al. A 20-yr longitudinal study of Olympic oarsmen. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(9):1150-6.
46. Pollock ML, Foster C, Knapp D, Rod JL, Schmidt DH. Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *J Appl Physiol.* 1987;62(2):725-31.
47. Tate CA, Hyek MF, Taffet GE. Mechanisms for the responses of cardiac muscle to physical activity in old age. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26:561-7.
48. Fleg JL. Alterations in cardiovascular structure and function with advancing age. *Am J Cardiol.* 1986;57:33C-44C.
49. Shephard RJ. Physical activity, fitness and cardiovascular health: a brief counselling guide for older patients. *CMAJ.* 1994;151(5):557-61.
50. Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, McDonald A, Russi GD, Moudoil VK. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:822-9.
51. Araújo CG. Importância de ergoespirometria na prescrição de exercício ao cardiopata. *Rev SOCERJ.* 1998;11(1):30-47.
52. Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício: aspectos fisiológicos e metodológicos. *Arq Bras Cardiol.* 1995;64(2):171-81.





## Revisión

# Efectos metabólicos, renales y óseos de las dietas hiperproteicas. Papel regulador del ejercicio

V. A. Aparicio, E. Nebot, J. M. Heredia y P. Aranda

Departamento de Fisiología. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. Granada. España.

### Historia del artículo:

Recibido el 19 de enero de 2010

Aceptado el 7 de abril de 2010

### Palabras clave:

Dieta hiperproteica.

Ejercicio.

Riñón.

Hueso.

Perfil lipídico.

### Key words:

High-protein diet.

Exercise.

Kidney.

Bone.

Lipid profile

## RESUMEN

El establecimiento de niveles de referencia proteicos seguros, tanto para la población en general como para los deportistas en particular, sigue siendo a día de hoy, fuente de debate. Parece existir un acuerdo científico acerca de los beneficios de las dietas hiperproteicas (HP) sobre el perfil lipídico plasmático, al mejorar los niveles generales de colesterol y triglicéridos y favorecer la pérdida de peso. Sin embargo, los efectos de las dietas HP sobre parámetros renales y óseos aún desencadenan disparidad de resultados. Hay estudios que consideran la hiperfiltración glomerular renal, ocasionada por el consumo de dietas HP, una respuesta fisiológica adaptativa normal, mientras que otros advierten del mayor riesgo de desarrollar una patología renal de mantenerse altas ingestas proteicas de alto valor acidogénico durante años. Es en el metabolismo óseo donde la controversia es mayor. Existen estudios que evidencian una peor densidad mineral ósea, otros que no encuentran diferencias significativas y otros que atribuyen a las dietas HP un efecto protector óseo. Tanto en el ámbito metabólico, como en el renal y óseo, el ejercicio físico se presenta como una herramienta reguladora excelente ante la mayoría de las alteraciones que dichas dietas pudieran ocasionar, al fomentar un mejor perfil lipídico, reducir la inflamación renal, mejorar la ratio de filtración glomerular y estimular el fortalecimiento óseo.

Tras demostrarse en el estudio de Elango et al (2009) que las ingestas proteicas diarias recomendadas de 0,8 g/kg/día estaban infravaloradas, y establecerse los nuevos niveles para la población sedentaria, deberían formularse nuevos niveles seguros de referencia de proteína de alto valor biológico para atletas de las distintas disciplinas.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

## ABSTRACT

### **Metabolic, renal and bone effects of high-protein diets. The protective role of exercise**

The establishment of safe dietary protein intake reference levels for the general population as well as for athletes is under debate. There is evidence indicating a positive benefit of high protein diets (HP) on total cholesterol and triglycerides, and on promoting weight loss.

The findings on the effect of HP diets on renal and bone metabolism are however contradictory. While there are studies that consider the renal glomerular hyperfiltration, caused by the consumption of HP diets, a normal adaptive physiological response, others find an increased risk of renal disease after chronic HP diets. Regarding bone metabolism, there are studies showing a worse bone mineral density after a HP diet, others that did not observe any effect on bone metabolism, or even a bone protective effect.

Exercise is a key player in most of the HP diets-related effect on metabolic acidity, renal and bone health. There is compelling evidence that exercise positively influence blood lipid profile, renal inflammation and glomerular filtration rate, and stimulating bone mineral content and density.

The study of Elango et al (2009) showed that recommended daily protein intake of 0.8 g/kg/day were undervalued, and thus they established new reference levels for the general population. There is still an urgent need to formulate safe protein intake recommendations for athletes of different disciplines.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### Correspondencia:

V. A. Aparicio.

Campus de la Cartuja s/n.

18171 Granada. España.

Correo electrónico: virginiaaparicio@ugr.es;

paranda@ugr.es

## Introducción

Las proteínas deberían aportar aproximadamente tan sólo del 8 al 15% de las calorías totales ingeridas por la persona, con modificaciones ligeras en los deportistas atendiendo al periodo de entrenamiento, precompetición o competición<sup>12</sup>. A pesar de que a día de hoy sigue siendo común la creencia de que las proteínas se emplean como fuente energética, sólo excepcionalmente, y siempre de forma poco relevante, se metabolizan como medio de obtención de energía (en una competición de *Iron-Man*, de más de 6 horas de duración, o en situaciones extremas de supervivencia, por ejemplo)<sup>2</sup>. Por ello, a la hora de diseñar dietas y establecer los niveles proteicos adecuados para las distintas poblaciones, se debe priorizar su función plástica y estructural con respecto a la energética.

Nuestro organismo puede sintetizar proteínas a partir de aminoácidos, pero sólo es capaz de producir algunos de estos aminoácidos (aminoácidos no esenciales). Aquellos aminoácidos que no podemos sintetizar (esenciales o indispensables), deben ser aportados necesariamente por la dieta. Esto plantea que los requerimientos no sean estrictamente de proteínas, sino de aminoácidos<sup>1</sup>. Por lo tanto, se deben consumir alimentos proteicos que contengan gran variedad de aminoácidos. Este término es el llamado "valor biológico" de la proteína. Así, los alimentos que contienen proteínas completas o de alto valor biológico, son aquellos que presentan en su composición química todos o la mayoría de los aminoácidos esenciales<sup>1</sup>.

La estimación y determinación de niveles proteicos de referencia saludables continúa generando controversia. Los deportistas, y más especialmente aquellos que llevan a cabo entrenamiento de fuerza, siguen recibiendo mensajes diversos acerca de la cantidad y fuente de proteína apropiada para mejorar y estimular la síntesis proteica<sup>3</sup>. Las recomendaciones proteicas actuales de ingestas diarias de referencia (RDI) para la población general se sitúan en torno a 0,8 gramos de proteína por kilogramo de peso corporal y día<sup>4</sup>, siempre que sean proteínas de alto valor biológico. Sin embargo, los individuos que desarrollan ejercicio de forma regular requieren una mayor ingesta proteica que aquellos que son sedentarios<sup>5</sup>. Actualmente, se estima como ingesta apropiada para un aporte suficiente de nitrógeno para los sujetos que realizan actividad física de forma activa entre 1,0 y 1,2 g/día por kilogramos de peso corporal en mujeres y de 1,2 a 1,4 g/día por kilogramo de peso corporal en hombres<sup>5-7</sup>. En deportistas que llevan a cabo entrenamiento de fuerza, los rangos recomendados oscilan entre 1,2 y 1,7 g/kg de peso corporal y día<sup>5-7</sup>. Estas cifras pueden elevarse hasta 2 g/día por kilogramo de peso corporal en algunos colectivos especiales de deportistas que por su disciplina deportiva necesitan un desarrollo muscular elevado (halterofilia, lucha, culturismo, etc.), así como también en deportistas sometidos a un gran esfuerzo y desgaste muscular durante largos periodos de tiempo, como los ciclistas profesionales<sup>8</sup>.

La Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN), en su documento de consenso sobre proteínas y ejercicio<sup>5</sup>, concluyó que la popular afirmación acerca de que niveles proteicos de entre 1,4 y 2,0 g/kg de peso y día no era saludable, no estaba basada en la evidencia científica ni en individuos que llevasen a cabo ejercicio físico regular, sino en años de estudio en personas sedentarias<sup>3</sup> y que, por lo tanto, dichos niveles de proteína no suponían ningún riesgo renal, óseo, hepático o metabólico al individuo. A pesar de esto, cabría destacar que es una práctica habitual entre los deportistas recurrir a ingestas proteicas excesivas, tanto por parte de deportistas de alto nivel, como de aficionados, ya sea en deportes individuales como de equipo<sup>9,10</sup>. El consumo proteico suele estar muy

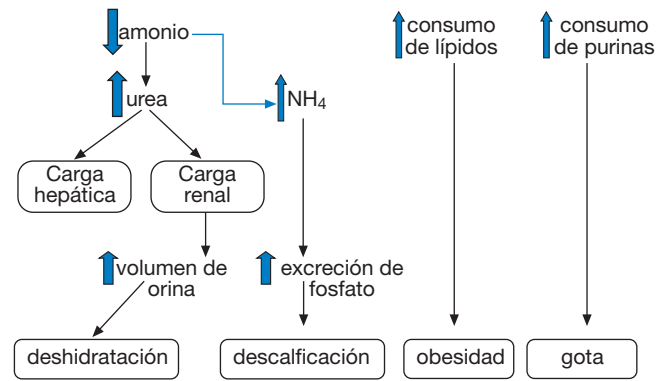


Fig. 1. Posibles efectos adversos de una dieta hiperproteica. Tomado de Barbany<sup>2</sup>.

por encima del recomendado, principalmente en deportistas de especialidades anaeróbicas y deportes donde predomina la capacidad de fuerza y desarrollo muscular, como puede ser el culturismo o la lucha<sup>11</sup>, en los que se llega a ingerir en algunas ocasiones hasta 5 g/día por kilogramo de peso corporal<sup>8</sup>. Este fenómeno en ocasiones acontece por el desconocimiento nutricional de los deportistas y entrenadores, ya que si aumenta mucho el total de calorías ingeridas (lo cual es normal para personas físicamente activas y más si cabe para deportistas con muchas horas de entrenamiento al día), la proporción de energía en forma de proteínas debe tender a disminuir<sup>11</sup>. En el campo del culturismo se ha extendido la idea de que una elevada ingesta de proteínas, ya sea ingiriendo grandes cantidades de huevos y carnes, ya sea a través de suplementos deportivos proteicos o de complejos de aminoácidos, ocasiona un aumento de la masa muscular.

Hasta la fecha, se ha dado por sentado que una dieta hiperproteica (HP) ocasionaba notables trastornos que exponemos, siguiendo a Barbany<sup>2</sup>, en la figura 1.

El objetivo de la presente revisión es dar a conocer los resultados de los últimos estudios acerca de los efectos renales, metabólicos y óseos de las dietas HP, con el fin de tratar de esclarecer la controversia que, a día de hoy, el consumo de altas ingestas proteicas continúa generando.

A continuación, analizaremos con mayor detenimiento y a partir de estudios científicos relevantes, los efectos que la ingesta de una dieta HP pudieran provocar sobre los órganos y parámetros más susceptibles de ser alterados y el papel regulador que el ejercicio, y más concretamente por su relación con la síntesis proteica y/o la aplicación de carga, el entrenamiento de fuerza, pudiera tener.

## Efectos metabólicos de una dieta hiperproteica

Tradicionalmente, las dietas HP se han asociado a una mayor ingesta de grasas. Esto es debido a que en la mayoría de las dietas occidentales, elevadas ingestas proteicas vienen asociadas a un mayor consumo de productos cárnicos, en las que las grasas animales son abundantes. Sin embargo, cuando dicha dieta HP es administrada de forma aislada, sin estar asociada a esas fuentes lipídicas, se ha demostrado que las dietas HP (ingestas superiores al 35% de proteína del total de la dieta), producen un descenso de la energía total ingerida, favorecen la pérdida de peso, reducen el acúmulo de grasa y mejoran el perfil lipídico plasmático general<sup>12,13</sup>. De hecho, tras varios meses consumiendo una dieta HP

no asociada a las mencionadas fuentes lipídicas tradicionales, los niveles de colesterol total, colesterol LDL y triglicéridos bajan<sup>12,13</sup>, lo que puede significar una protección frente a enfermedades coronarias y renales<sup>14-16</sup>.

Los suplementos proteicos basados en hidrolizados de lactosuero (proteína whey) en torno al 80-90% de riqueza, han ganado en popularidad en los últimos años, especialmente entre atletas y personas interesadas en ganancias de masa muscular<sup>17</sup>. Numerosos estudios desarrollados en humanos<sup>18-21</sup> y roedores<sup>13,22,23</sup> han demostrado la habilidad de dicha proteína para favorecer mejoras en la composición corporal (ayudando en el incremento de la masa muscular y reduciendo la deposición de grasa y las ganancias de peso). Sumado a esto, la proteína de lactosuero parece estar especialmente indicada para favorecer la pérdida de peso e incrementar la sensibilidad a la insulina<sup>13,22</sup>.

Parte de los efectos beneficiosos de dichas dietas suelen ocasionarse como consecuencia de una reducción de la ingesta<sup>22,24</sup>, y de ahí que haya una pérdida de peso al reducirse el aporte energético total de la dieta. Estas reducciones en el peso corporal han sido demostradas claramente en modelos animales<sup>12,13,22,23</sup>.

### **Efectos metabólicos adicionales del ejercicio**

Por otra parte, si dicha dieta se combina con ejercicio, especialmente de tipo aeróbico o de fuerza, vendrá asociada a menores niveles de colesterol y triglicéridos y una mejor composición corporal<sup>16,25,26</sup>. El entrenamiento de fuerza incrementa notablemente la masa, fuerza y potencia muscular<sup>27</sup>, pero además, es una eficaz herramienta que reduce los niveles de grasa corporal, incrementa los niveles de colesterol HDL y disminuye los de colesterol LDL y triglicéridos, con la consecuente reducción de riesgo cardiovascular que ello conlleva<sup>16,25,26</sup>.

### **Efectos renales de una dieta hiperproteica**

Un consumo excesivo de proteína podría tener un efecto renal adverso<sup>28</sup>. En particular, una ingesta excesiva de proteínas podría promover el daño renal al incrementar la presión glomerular y provocar una hiperfiltración renal<sup>28</sup>. Hay, sin embargo, cierta controversia al respecto en población sana. De hecho, algunos estudios sugieren que la hiperfiltración renal (el mecanismo propuesto como origen del daño renal) podría ser una respuesta adaptativa normal que acontece en respuestas a numerosas situaciones fisiológicas<sup>29</sup>. Hasta la fecha, sí se han comprobado los efectos beneficiosos de las restricciones proteicas sobre aquellas personas con insuficiencia renal o riesgo de formación de cálculos renales<sup>30</sup>, sin embargo, en personas sanas, no se ha encontrado evidencia científica que demuestre un efecto adverso sobre la función renal<sup>29</sup>.

La urea es el principal producto de desecho del metabolismo proteico en los mamíferos y el soluto más abundante en la orina. La excreción de urea es el resultado del proceso de filtración y de reabsorción pasiva a lo largo de la nefrona. El incremento de la concentración de urea plasmática y/o la ratio de filtración glomerular consecuencia del consumo de dietas HP se ha estudiado en modelos animales desde hace años<sup>31</sup>. Al ser necesario filtrar más urea, tiene que excretarse mayor cantidad de ella, lo que ocasionaría el mencionado estrés o sobrecarga renal.

En el reciente estudio de Frank et al<sup>32</sup>, tras varios meses de dieta HP en hombres adultos sanos, se detectaron niveles plasmáticos elevados de urea, ácido úrico, glucagón y niveles urinarios elevados de proteínas,

albúmina y urea. Para estos autores, es necesario prestar mayor atención a los posibles efectos renales adversos que a largo plazo podría conllevar el mantenimiento de este perfil bioquímico plasmático y urinario<sup>32</sup>. Además, un exceso de proteína de origen animal (en principio más ácida por su contenido en sulfuros presentes en los aminoácidos) y más si cabe si se administra de forma conjunta con el desarrollo de ejercicio de alta intensidad (acidosis láctica), ocasionaría acidosis metabólica<sup>33</sup>. La acidosis metabólica intracelular estimula la hipocitraturia, que viene frecuentemente acompañada de hipercalcemia<sup>33</sup>. Tanto la hipocitraturia como la hipercalcemia urinarias contribuyen al riesgo de formación de cálculos renales de oxalato cálcico, principalmente a través del incremento en la saturación urinaria de sales de calcio<sup>33,34</sup>. La mayoría de los estudios<sup>33-35</sup> hablan de una reducción del citrato en torno a los 200-300 mg/día y un incremento del calcio urinario en torno a los 90-100 mg/día. Esta saturación urinaria de oxalatos de calcio se incrementa alrededor de un 35%, con lo que el balance se vuelve positivo, favoreciendo por tanto el riesgo de formación de cálculos renales. Grases et al (2006)<sup>36</sup>, en un modelo experimental con ratas, observaron que la dieta hiperproteica facilita la nucleación heterogénea del ácido úrico y que con una dieta controlada, el efecto inhibitorio del citrato y el magnesio era más favorable respecto a dietas con exceso de lípidos, hidratos de carbono o proteínas.

Hammond y James<sup>37</sup> encontraron un incremento de entre el 26 y el 32% del peso de los riñones junto con un aumento notable de los mismos en ratas que consumieron una dieta HP durante dos semanas. Estos autores atribuyeron dicho incremento del peso y tamaño renal al fuerte efecto que los niveles elevados de proteína ocasionan sobre la producción de urea plasmática y la ratio de filtración diaria de nitrógeno.

Hasta que la evidencia científica sea más clara, y aunque esté probado que en personas sanas no existe riesgo renal, a nivel preventivo, los autores del presente manuscrito sugieren seguir las recomendaciones de Friedman<sup>28</sup>. Para dicho autor, debido a que la insuficiencia renal crónica es a menudo una enfermedad silenciosa, todos los individuos deberían analizar sus niveles plasmáticos de creatinina y realizarse una analítica de orina (con los valores casi momentáneos obtenidos en las tiras radiactivas para estimar si hay proteinuria urinaria sería suficiente), antes de iniciarse en el consumo de una dieta HP<sup>28</sup>.

### **Efectos del ejercicio sobre la salud renal**

El ejercicio físico ha demostrado actuar nuevamente como herramienta tamponadora de posibles daños fisiológicos, reduciendo la inflamación renal (disminuyendo el tamaño y peso del riñón) y mejorando los niveles de albúmina plasmática y la ratio de filtración glomerular<sup>14,38</sup>.

### **Efectos óseos de una dieta hiperproteica**

El consumo excesivo de proteínas también podría tener una afectación adversa sobre la salud ósea<sup>39,40</sup>. Partiendo de la teoría bioquímica lógica, el hueso ayudaría en la modulación del equilibrio ácido-base actuando como un sistema tamponador y regulador a través de la liberación de calcio<sup>41,42</sup>. Como ya se mencionaba anteriormente, el catabolismo de las proteínas genera amonio y libera sulfatos contenidos en los aminoácidos. El citrato y el carbonato cálcico del hueso son movilizados para neutralizar dichos ácidos, de ahí que, teóricamente, cuando aumentan las ingestas proteicas disminuya la densidad mineral ósea (como

consecuencia de la liberación de su principal mineral constituyente: el calcio) y la concentración urinaria de calcio se incrementa<sup>41,43</sup>, (con la consecuencia, ya mencionada en el apartado renal, del incremento del riesgo de formación de cálculos renales de oxalato cálcico<sup>33,34</sup>). Por lo tanto, dado que un consumo elevado de proteína de origen animal es acidogénico<sup>39</sup>, promovería el fenómeno de resorción ósea<sup>44</sup>. Sin embargo, a pesar de que un exceso de proteína de alto poder acidogénico (ya sea proteína de origen animal o vegetal) podría afectar negativamente a la densidad mineral ósea, algunos estudios recientes han afirmado que este mencionado potencial acidogénico de la alta ingesta de proteínas y su consecuente impacto óseo podría ser compensado por otros nutrientes de la dieta (especialmente ciertos minerales presentes sobre todo en frutas y vegetales)<sup>43,45,46</sup>. De hecho, a pesar de que dicha resorción ósea sea posible, la evidencia científica es conflictiva<sup>12,34,42,47-54</sup>. Algunos estudios han mostrado efectos adversos de dietas HP en ratas<sup>47,48</sup> y humanos<sup>49,50</sup> mientras que otros, desarrollados en roedores sanos<sup>12,34,42</sup> y humanos de diferentes edades<sup>51-53</sup>, no apreciaron una relación negativa, y dieron como resultado una baja ingesta proteica en detrimento de la densidad mineral ósea<sup>51,54-56</sup>, con lo que se incrementa más si cabe la controversia generada al respecto.

Algunos autores defienden los efectos beneficiosos que sobre el metabolismo óseo puede tener una dieta HP cuando se consume junto a niveles apropiados de calcio, potasio y otros minerales, independientemente de la fuente de proteína consumida<sup>41,43</sup>. De hecho, los presentes autores destacan el estudio de Pye et al<sup>57</sup> desarrollado recientemente con ratas hembras, en el que se pretendían analizar los efectos del consumo elevado de proteínas a largo plazo, con y sin entrenamiento de fuerza. El consumo de dicha dieta HP (35% de riqueza), con el aporte suficiente de los mencionados minerales, redujo el peso y grasa de los animales, incrementó el peso libre de grasa y no ocasionó ningún efecto negativo sobre el hueso. Los autores concluyeron que una dieta al 35% de riqueza proteica, con contenido adecuado en calcio, puede ser beneficiosa a largo plazo para la salud ósea<sup>57</sup>.

Por otra parte, Matsuo et al<sup>58</sup> reportaron mayor peso del fémur de las ratas a las que se les administró un *snack* deportivo hiperproteico, tanto si dicho *snack* era consumido tras un entrenamiento de fuerza como en grupos controles sedentarios.

Algunos investigadores han sugerido que las ingestas de calcio deben incrementarse cuando se incrementen los niveles de actividad física<sup>59,60</sup>. La excreción urinaria de calcio podría verse incrementada tras entrenamientos de alta intensidad y también podría producirse una pérdida de calcio a través del sudor<sup>59,60</sup>. Un estudio reportó que la excreción urinaria de calcio era un 70% superior en los periodos de entrenamiento comparados con los de recuperación o descanso<sup>60</sup>, lo que podría estar relacionado con la acidosis metabólica ocasionada por el ejercicio anaeróbico.

### **Efectos del ejercicio sobre la salud ósea**

Los beneficios del ejercicio, y más concretamente del entrenamiento de fuerza o del ejercicio que conlleve la aplicación de carga al hueso, sobre el contenido mineral óseo han sido altamente contrastados<sup>60</sup> tanto en animales<sup>62-65</sup> como en humanos<sup>66-68</sup>. El ejercicio parece tener mayor importancia que la dieta en relación con la densidad mineral ósea, principalmente por su efecto directo (a través de la carga)<sup>69</sup>.

El hueso es un compartimento bastante estable, que cambia lentamente. Mayor número de investigaciones, especialmente diseñadas a largo plazo, son necesarias para esclarecer los efectos del consumo de altas dosis de proteína sobre la salud ósea. Es esta una cuestión que, tras

décadas de estudio, sigue generando disparidad de opiniones en una sociedad en la que la osteoporosis se está convirtiendo en un problema sanitario cada vez más frecuente y costoso. De hecho, la fractura de cadera por pérdida mineral ósea es en nuestro país la primera causa de muerte accidental en mayores de 65 años y constituye el 75% de las muertes accidentales en mayores de 75 años<sup>70</sup>; a nivel mundial es una de las principales causas que derivan en hospitalización y fallecimiento en personas seniles<sup>71,72</sup>.

A nuestro parecer, los efectos de las distintas combinaciones dieta-ejercicio sobre la salud ósea requieren de mayor estudio. El establecimiento de pautas concretas, tanto nutricionales como de prescripción de ejercicio físico, con verdadero efecto demostrable sobre el contenido mineral óseo y la calidad estructural del mismo, aún están por definir.

### **Hacia el establecimiento de nuevos niveles proteicos de referencia**

A la vista de las evidencias científicas hasta la fecha, la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN) concluyó en su documento de consenso, que cuando parte de un balance correcto de nutrientes, la ingesta de dietas HP no es perjudicial ni para la función renal ni para el metabolismo óseo de personas sanas y activas<sup>5</sup>. Además, en un estudio reciente se ha puesto en evidencia un importante aspecto que podría alterar las RDI proteicas que se establecían hasta la fecha. Elango et al<sup>73</sup> han demostrado que las recomendaciones de niveles proteicos mínimos y seguros de referencia de 0,66 y 0,8 g/kg/día respectivamente, de proteínas de alta calidad para adultos, estaban basadas en un metaanálisis de estudios del balance de nitrógeno que empleaban regresión lineal simple. Los mencionados autores reanalizaron dichos estudios del balance de nitrógeno que se emplearon usando análisis de regresión lineal multivariante y obtuvieron una media de niveles proteicos mínimos de referencia de entre 0,91 y 0,99 g/kg/día, respectivamente. Los valores medios de requerimientos seguros se establecieron entre 0,93 y 1,2 g/kg/día y son por lo tanto, entre un 41 y un 50%, respectivamente, superiores a las actuales RDI de proteínas de alta calidad en adultos<sup>73</sup>. Partiendo de estos nuevos rangos para la población sedentaria, en nuestra opinión, deben formularse nuevas recomendaciones de ingestas proteicas de referencia para atletas de las distintas disciplinas.

Debido a que la suplementación con aminoácidos no ha parecido mostrar un impacto positivo suficiente sobre el rendimiento deportivo, las recomendaciones acerca de su inclusión como norma han de ser conservadoras<sup>74</sup>. Desde un punto de vista práctico, es mucho más importante realizar un análisis nutricional completo del atleta, enfocado y adaptado a su disciplina deportiva y orientado a detectar carencias nutricionales, que recomendar suplementos proteicos sin una base objetiva lógica<sup>74</sup>.

### **Conclusiones**

Parece existir acuerdo acerca de los beneficios de las dietas HP sobre el perfil lipídico plasmático, que mejora los niveles de colesterol y triglicéridos y favorece la pérdida de peso. Sin embargo, los efectos de las dietas HP sobre parámetros renales y óseos aún desencadenan cierta controversia. Hay autores que no atribuyen riesgo renal alguno a la ingesta de dietas HP mientras que otros advierten del mayor riesgo de desarrollar una patología renal a largo plazo. Hasta que la evidencia científica sea

más clara, y aunque parece probado que en personas sanas no existe riesgo renal, en el campo de la prevención, debido a que la insuficiencia renal crónica es a menudo una enfermedad silenciosa, todos los individuos deberían analizar sus niveles plasmáticos de creatinina y detectar si existe proteinuria urinaria antes de iniciarse en el consumo de una dieta HP.

Respecto a los efectos de las altas ingestas proteicas sobre el metabolismo óseo, hay estudios que encuentran una menor densidad mineral ósea, otros que no encuentran diferencias significativas, y otros que atribuyen a las dietas HP un efecto protector óseo.

El hueso es un tejido que se altera muy lentamente (hacen falta años y no meses para detectar cambios) de ahí la dificultad de diseñar estudios en los que se analice este aspecto en humanos. Diseños experimentales con ratas que combinaran el ejercicio con altas ingestas proteicas durante periodos experimentales largos ayudarían a valorar y esclarecer el grado de afectación real y el papel regulador del entrenamiento de fuerza.

El ejercicio físico se presenta como una herramienta reguladora excelente ante la mayoría de las alteraciones que dichas dietas pudieran ocasionar, al fomentar un mejor perfil lipídico, reducir la inflamación renal, mejorar la ratio de filtración glomerular y estimular el fortalecimiento óseo.

Tras demostrarse en un reciente estudio que las ingestas proteicas diarias recomendadas de 0,8 g/kg/día estaban infravaloradas, y establecerse los nuevos niveles para población sedentaria, se hace necesario estimar los requerimientos proteicos apropiados para los atletas en sus diferentes disciplinas deportivas.

Mayor investigación sobre los efectos de la combinación de dichas dietas o suplementos deportivos con el ejercicio ayudarían a esclarecer la influencia real que dichas dietas, con y sin ejercicio, tienen sobre la salud renal y ósea.

## Bibliografía

- González J, Mataix J. Nutrición en el deporte. Ayudas ergogénicas y dopaje. España: Ediciones Díaz de Santos; 2006.
- Barbany J. Alimentación para el deporte y la salud. Barcelona: Martínez Roca; 2002.
- Lowery LM, Devia L. Dietary protein safety and resistance exercise: what do we really know? *J Int Soc Sports Nutr.* 2009;6:3.
- Otten J HJ, Meyers L, editores. En: Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. Washington (DC): The National Academies Press; 2006.
- Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, La Bounty P, Roberts M, Burke D, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2007;4:8.
- Tipton KD, Witard OC. Protein requirements and recommendations for athletes: relevance of ivory tower arguments for practical recommendations. *Clin Sports Med.* 2007;26:17-36.
- Rodríguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:709-31.
- Barbany JR. Alimentación para el deporte y la salud. Barcelona: Martínez Roca; 2002.
- Paschoal VC, Amancio OM. Nutritional status of Brazilian elite swimmers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14:81-94.
- Innocencio da Silva Gomes A, Goncalves Ribeiro B, de Abreu Soares E. Nutritional profile of the Brazilian Amputee Soccer Team during the precompetition period for the world championship. *Nutrition.* 2006;22:989-95.
- Ferliche B DM. La preparación biológica en la formación integral del deportista. Barcelona: Paidotribo; 2003.
- Lacroix M, Gaudichon C, Martin A, Morens C, Mathé V, Tomé D, et al. A long-term high-protein diet markedly reduces adipose tissue without major side effects in Wistar male rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2004;287:R934-42.
- Pichon L, Potier M, Tome D, Mikogami T, Laplaize B, Martin-Rouas C, et al. High-protein diets containing different milk protein fractions differently influence energy intake and adiposity in the rat. *Br J Nutr.* 2008;99:739-48.
- Moinuddin I, Leehey DJ. A comparison of aerobic exercise and resistance training in patients with and without chronic kidney disease. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2008;15:83-96.
- Bianchi C, Penno G, Romero F, Del Prato S, Miccoli R. Treating the metabolic syndrome. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2007;5:491-506.
- Houston MC, Fazio S, Chilton FH, Wise DE, Jones KB, Barringer TA, et al. Nonpharmacologic treatment of dyslipidemia. *Prog Cardiovasc Dis.* 2009;52:61-94.
- Cribb P. Whey proteins in sports nutrition. Arlington: US Dairy Export Council. 2005.
- Cribb PJ, Williams AD, Carey MF, Hayes A. The effect of whey isolate and resistance training on strength, body composition, and plasma glutamine. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006;16:494-509.
- Cribb PJ, Williams AD, Stathis CG, Carey MF, Hayes A. Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:298-307.
- Noakes M, Keogh JB, Foster PR, Clifton PM. Effect of an energy-restricted, high-protein, low-fat diet relative to a conventional high-carbohydrate, low-fat diet on weight loss, body composition, nutritional status, and markers of cardiovascular health in obese women. *Am J Clin Nutr.* 2005;81:1298-306.
- Hayes A, Cribb PJ. Effect of whey protein isolate on strength, body composition and muscle hypertrophy during resistance training. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2008;11:40-4.
- Belobrajdic DP, McIntosh GH, Owens JA. A high-whey-protein diet reduces body weight gain and alters insulin sensitivity relative to red meat in wistar rats. *J Nutr.* 2004;134:1454-8.
- Bouthegourd JC, Roseau SM, Makarios-Lahham L, Leruyet PM, Tome DG, Even PC. A preexercise alpha-lactalbumin-enriched whey protein meal preserves lipid oxidation and decreases adiposity in rats. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002;283:E565-72.
- Belobrajdic D, McIntosh G, Owens J. The effects of dietary protein on rat growth, body composition and insulin sensitivity. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2003;12 Suppl:S42.
- Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr.* 2006;84:475-82.
- Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation.* 2007;116:572-84.
- De Salles BF, Simao R, Miranda F, Novaes Jda S, Lemos A, Willardson JM. Rest interval between sets in strength training. *Sports Med.* 2009;39:765-77.
- Friedman AN. High-protein diets: potential effects on the kidney in renal health and disease. *Am J Kidney Dis.* 2004;44:950-62.
- Martin WF, Armstrong LE, Rodriguez NR. Dietary protein intake and renal function. *Nutr Metab (Lond).* 2005;2:25.
- Mandayam S, Mitch WE. Dietary protein restriction benefits patients with chronic kidney disease. *Nephrology (Carlton).* 2006;11:53-7.
- Bankir L, Bouby N, Trinh-Trang-Tan MM, Ahloulay M, Promeneur D. Direct and indirect cost of urea excretion. *Kidney Int.* 1996;49:1598-607.
- Frank H, Graf J, Amann-Gassner U, Bratke R, Daniel H, Heemann U, et al. Effect of short-term high-protein compared with normal-protein diets on renal hemodynamics and associated variables in healthy young men. *Am J Clin Nutr.* 2009;90(6):1509-16.
- Pak CY. Pharmacotherapy of kidney stones. *Expert Opin Pharmacother.* 2008;9:1509-18.
- Amanzadeh J, Gitomer WL, Zerwekh JE, Preisig PA, Moe OW, Pak CY, et al. Effect of high protein diet on stone-forming propensity and bone loss in rats. *Kidney Int.* 2003;64:2142-9.
- Coe FL, Evan A, Worcester E. Kidney stone disease. *J Clin Invest.* 2005;115:2598-608.
- Grases J, Costa-Bauza A, Prieto RM. Renal lithiasis and nutrition. *Nutr J.* 2006;5:23.
- Hammond KA, Janes DN. The effects of increased protein intake on kidney size and function. *J Exp Biol.* 1998;201:2081-90.
- Poortmans JR, Ouchinsky M. Glomerular filtration rate and albumin excretion after maximal exercise in aging sedentary and active men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2006;61:1181-5.
- Barzel US, Massey LK. Excess dietary protein can adversely affect bone. *J Nutr.* 1998;128:1051-3.
- Lowe DT. Comment on recent symposium overview: does excess dietary protein adversely affect bone. *J Nutr.* 1998;128:2529.
- Tylavsky FA, Spence LA, Harkness L. The importance of calcium, potassium, and acid-base homeostasis in bone health and osteoporosis prevention. *J Nutr.* 2008;138:164S-5S.
- Mardon J, Habauzit V, Trzeciakiewicz A, Davicco MJ, Lebecque P, Mercier S, et al. Long-term intake of a high-protein diet with or without potassium citrate modulates acid-base metabolism, but not bone status, in male rats. *J Nutr.* 2008;138:718-24.

43. Massey LK. Dietary animal and plant protein and human bone health: a whole foods approach. *J Nutr.* 2003;133:862S-5S.
44. Carter JD, Vasey FB, Valeriano J. The effect of a low-carbohydrate diet on bone turnover. *Osteoporos Int.* 2006;17:1398-403.
45. Remer T. Influence of diet on acid-base balance. *Semin Dial.* 2000;13:221-6.
46. Remer T. Influence of nutrition on acid-base balance—metabolic aspects. *Eur J Nutr.* 2001;40:214-20.
47. Sellmeyer DE, Stone KL, Sebastian A, Cummings SR. A high ratio of dietary animal to vegetable protein increases the rate of bone loss and the risk of fracture in postmenopausal women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Am J Clin Nutr.* 2001;73:118-22.
48. Kerstetter JE, Mitnick ME, Gundberg CM, Caseria DM, Ellison AF, Carpenter TO, et al. Changes in bone turnover in young women consuming different levels of dietary protein. *J Clin Endocrinol Metab.* 1999;84:1052-5.
49. Talbot SM, Cifuentes M, Dunn MG, Shapses SA. Energy restriction reduces bone density and biomechanical properties in aged female rats. *J Nutr.* 2001;131:2382-7.
50. Weiss RE, Gorn A, Dux S, Nimni ME. Influence of high protein diets on cartilage and bone formation in rats. *J Nutr.* 1981;111:804-16.
51. Hannan MT, Tucker KL, Dawson-Hughes B, Cupples LA, Felson DT, Kiel DP. Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res.* 2000;15:2504-12.
52. Alexy U, Remer T, Manz F, Neu CM, Schoenau E. Long-term protein intake and dietary potential renal acid load are associated with bone modeling and remodeling at the proximal radius in healthy children. *Am J Clin Nutr.* 2005;82:1107-14.
53. Promislow JH, Goodman-Gruen D, Slymen DJ, Barrett-Connor E. Protein consumption and bone mineral density in the elderly: the Rancho Bernardo Study. *Am J Epidemiol.* 2002;155:636-44.
54. Kerstetter JE, O'Brien KO, Insogna KL. Low protein intake: the impact on calcium and bone homeostasis in humans. *J Nutr.* 2003;133:855S-61S.
55. Kerstetter JE, Looker AC, Insogna KL. Low dietary protein and low bone density. *Calcif Tissue Int.* 2000;66:313.
56. Heaney RP. Excess dietary protein may not adversely affect bone. *J Nutr.* 1998;128:1054-7.
57. Pye KM, Wakefield AP, Aukema HM, House JD, Ogborn MR, Weiler HA. A high mixed protein diet reduces body fat without altering the mechanical properties of bone in female rats. *J Nutr.* 2009;139:2099-105.
58. Matsuo T, Nozaki T, Okamura K, Matsumoto K, Doi T, Gohitani S, et al. Effects of voluntary resistance exercise and high-protein snack on bone mass, composition, and strength in rats given glucocorticoid injections. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2003;67:2518-23.
59. Klesges RC, Ward KD, Shelton ML, Applegate WB, Cantler ED, Palmieri GH, et al. Changes in bone mineral content in male athletes. Mechanisms of action and intervention effects. *JAMA.* 1996;276:226-30.
60. Ashizawa N, Fujimura R, Tokuyama K, Suzuki M. A bout of resistance exercise increases urinary calcium independently of osteoclastic activation in men. *J Appl Physiol.* 1997;83:1159-63.
61. Borer KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med.* 2005;35:779-830.
62. Honda A, Sogo N, Nagasawa S, Kato T, Umemura Y. Bones benefits gained by jump training are preserved after detraining in young and adult rats. *J Appl Physiol.* 2008;105:849-53.
63. Notomi T, Lee SJ, Okimoto N, Okazaki Y, Takamoto T, Nakamura T, et al. Effects of resistance exercise training on mass, strength, and turnover of bone in growing rats. *Eur J Appl Physiol.* 2000;82:268-74.
64. Umemura Y, Nagasawa S, Honda A, Singh R. High-impact exercise frequency per week or day for osteogenic response in rats. *J Bone Miner Metab.* 2008;26:456-60.
65. Marqueti RC, Prestes J, Stotzer US, Paschoal M, Leite RD, Pérez SE, et al. MMP-2, jumping exercise and nandrolone in skeletal muscle. *Int J Sports Med.* 2008;29:559-63.
66. Park H, Kim KJ, Komatsu T, Park SK, Mutoh Y. Effect of combined exercise training on bone, body balance, and gait ability: a randomized controlled study in community-dwelling elderly women. *J Bone Miner Metab.* 2008;26:254-9.
67. Rhodes EC, Martin AD, Taunton JE, Donnelly M, Warren J, Elliot J. Effects of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women. *Br J Sports Med.* 2000;34:18-22.
68. Villareal DT, Binder EF, Yarasheski KE, Williams DB, Brown M, Sinacore DR, et al. Effects of exercise training added to ongoing hormone replacement therapy on bone mineral density in frail elderly women. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51:985-90.
69. Specker B, Vukovich M. Evidence for an interaction between exercise and nutrition for improved bone health during growth. *Med Sport Sci.* 2007;51:50-63.
70. Gerontología SAdGy. Caídas en el anciano. GEROSAGG. 2004;2.
71. Kemmler W, von Stengel S, Engelke K, Haberle L, Kalender WA. Exercise effects on bone mineral density, falls, coronary risk factors, and health care costs in older women: the randomized controlled senior fitness and prevention (SEFIP) study. *Arch Intern Med.* 2010;170:179-85.
72. Drozdowska B. [Osteoporotic fractures]. *Endokrynol Pol.* 2009;60:498-502.
73. Elango R, Humayun MA, Ball RO, Pencharz PB. Evidence that protein requirements have been significantly underestimated. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2010;13(1):52-7.
74. Ivy JL, Res PT, Sprague RC, Widzer MO. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003;13:382-95.



Revisión

## Evidencias para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con fibromialgia

B. Sañudo<sup>a</sup>, D. Galiano<sup>b</sup>, L. Carrasco<sup>a</sup> y M. de Hoyo<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Educación Física y Deporte. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

<sup>b</sup>Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. España.

*Historia del artículo:*

Recibido el 1 de junio de 2010

Aceptado el 9 de julio de 2010

*Palabras clave:*

Fibromialgia.

Ejercicio físico.

Calidad de vida.

Tratamiento.

*Key words:*

Fibromyalgia.

Physical activity.

Quality of life.

Treatment.

### RESUMEN

El síndrome de fibromialgia (FM) es una condición común de dolor crónico, pero los pacientes también pueden presentar una amplia gama de otros síntomas, como trastornos del sueño, fatiga, rigidez y alteraciones frecuentes en el estado de salud psicológica. La mayoría de los pacientes con FM son sedentarios y tienen una baja condición física, esto puede agravarse por el dolor, la fatiga o la depresión, lo que limita sus actividades cotidianas y afecta a su calidad de vida y la empleabilidad. En este sentido, el ejercicio físico se considera como la principal estrategia no farmacológica en el tratamiento de FM; sin embargo, muchas preguntas clínicamente relevantes continúan sin resolverse en relación con el método más eficaz para aplicar en tratamientos con ejercicios en pacientes con FM. El objetivo final de esta revisión es, por tanto, guiar a los profesionales en la prescripción de ejercicio físico y ayudar a las personas con FM para que se aproximen al ejercicio con expectativas realistas de sus beneficios y dificultades.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

#### **Evidence-based recommendations for physical activity in women with fibromyalgia**

Fibromyalgia syndrome (FS) is a common chronic pain condition but patients may also exhibit a range of other symptoms, including sleep disturbance, fatigue, stiffness and frequent alterations in psychological health status. Most patients with FS are sedentary and have a low physical fitness, this can be compounded by pain, fatigue or depression, which limits daily living activities and affects quality of life and employability. In this respect, physical exercise is considered to be the main non-pharmacological strategy in the management of FS. Despite this, many clinically relevant and practically important questions remain in relation to the most effective method of implementing exercise therapy for FS. The ultimate aim of this review was to consider the evidence for exercise as a therapy in FS and to provide recommendations for exercise prescription to help individuals with FS approach exercise with realistic expectations of the benefits and difficulties.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

*Correspondencia:*

B. Sañudo Corrales

Departamento de Educación Física y Deporte.

Facultad de Ciencias de la Educación.

Universidad de Sevilla.

Avenida Ciudad Jardín, 20-22.

41005 Sevilla. España.

Correo electrónico: bsancor@us.es

## Introducción

El ejercicio físico se considera una de las principales estrategias en el manejo de las enfermedades crónicas<sup>1</sup>. De hecho, mientras estas enfermedades reducen el nivel de actividad física (AF) e inducen efectos adversos en la capacidad funcional de los sujetos, un incremento en los niveles de AF puede ayudar a prevenir el empeoramiento de los síntomas y los efectos negativos sobre su calidad de vida (CDV).

Los beneficios del ejercicio físico pueden esperarse en pacientes con patologías crónicas, incluso en alteraciones de dolor crónico como la osteoartritis y la artritis reumatoide en las que el ejercicio físico ha sido útil para el alivio sintomático y la mejora de la función, asociándose con una mejor condición psicológica<sup>2,3</sup>. Además, la AF de moderada intensidad puede ser beneficiosa en pacientes con síndrome de fatiga crónica<sup>1</sup>. Parece razonable pensar, por tanto, que el ejercicio físico puede tener un efecto positivo sobre aspectos relacionados con la CDV y la capacidad funcional de pacientes con fibromialgia (FM).

En este sentido, el principal objetivo de la presente revisión es guiar a los profesionales en la prescripción de ejercicio y ayudar a las personas con FM para que se aproximen al ejercicio con expectativas realistas de sus beneficios y dificultades.

## Efectos positivos del ejercicio físico en pacientes con fibromialgia

La FM es un síndrome caracterizado por dolor crónico generalizado con puntos específicos sensibles a la exploración física. A menudo se asocia con una constelación de otros síntomas tales como fatiga, alteraciones del sueño, rigidez y trastornos del ánimo<sup>4</sup>. En la actualidad, no se conoce la etiología ni los mecanismos patogénicos precisos que actúan en ella; no obstante, las evidencias apuntan hacia un modelo integrador que comprendería diversas teorías entre las que destacaría una base genética, una disfunción del sistema nervioso autónomo o alteraciones en el procesamiento del dolor a nivel central y en las que diversos mecanismos adicionales podrían estar envueltos.

La mayoría de los pacientes con FM son sedentarios y tienen una capacidad física por debajo de la media, hecho que se acrecienta por el dolor, la fatiga o la depresión a los que deben hacer frente. Estas situaciones limitan las actividades de la vida diaria de los pacientes y afecta a numerosos aspectos de su CDV como su situación laboral o familiar. Sin embargo, aunque las opciones terapéuticas son múltiples, el tratamiento óptimo para la FM es aún desconocido debido a la heterogeneidad de los pacientes. Numerosas guías basadas en las evidencias científicas han evaluado un amplio rango de terapias tanto farmacológicas como no farmacológicas. Aunque dichos tratamientos continúan sin resolver de forma fiable las limitaciones funcionales y el deterioro en la CDV de estos pacientes, se ha sugerido que las intervenciones no farmacológicas tienen un efecto significativamente superior sobre la función que el que tienen los fármacos sobre estos pacientes<sup>5</sup>.

En este sentido, el ejercicio físico se considera como la principal estrategia no farmacológica en el tratamiento de la FM. El número de estudios publicados, en particular los ensayos controlados aleatorios, ha aumentado constantemente durante los últimos diez años<sup>6-9</sup>. A pesar de esto, muchas preguntas clínicamente relevantes para la práctica continúan sin resolverse en relación con el método de entrenamiento físico más eficaz para aplicar en el manejo de estos pacientes.

Este tipo de programas tiene como objetivo principal evitar el círculo vicioso entre el dolor, los trastornos psicológicos y la inactividad comunes en este síndrome<sup>10</sup>. Mientras que la fatiga subyacente, el dolor o la depresión pueden contribuir a estilos de vida sedentarios y la baja aptitud física, varios estudios han demostrado que las mujeres con FM son capaces de realizar ejercicio aeróbico de intensidad moderada, ejercicios de fortalecimiento y flexibilidad<sup>7</sup>. Sin embargo, para que este ejercicio sea eficaz, tiene que ser cuidadosamente prescrito y controlado. La intensidad del ejercicio debe ser tal que pueda derivar en efectos positivos del entrenamiento, pero no tan elevada como para incrementar los síntomas. Conseguir que los pacientes con FM inicien y mantengan un programa de ejercicio físico sigue siendo un reto.

Son numerosos los metaanálisis y revisiones sistemáticas que han recogido las recomendaciones de estudios con alta calidad metodológica para la prescripción de AF en personas con FM<sup>7,8,11</sup>. De estos estudios se pueden extraer evidencias sobre los beneficios a corto plazo de estos programas, que se han mostrado eficaces en el alivio del dolor<sup>12-22</sup>, mejora la calidad del sueño<sup>12,18,23-25</sup>. Otorga numerosos beneficios en el bienestar psicológico<sup>15,16,19,21,26</sup>, como puede ser la mejora del estado de ánimo, el bienestar<sup>27</sup> o la autoeficacia<sup>26,28</sup>, importantes beneficios pueden esperarse, también, en la reducción de ansiedad<sup>20,21,23,26,29</sup> y la depresión<sup>12,17,20,21,23,29,30</sup>.

Uno de los aspectos principales que se atribuye a la práctica de AF es la mejora de la CDV de estos pacientes<sup>12,14-18,20,21,29,30</sup>. Y ello, no sólo a partir de los beneficios anteriores, sino también de la mejora de otros aspectos físicos como la capacidad cardiorrespiratoria<sup>12-18,20,24,27,30</sup>, la capacidad muscular<sup>14,20,25,29,31-33</sup> y la flexibilidad o la amplitud de movimiento<sup>17,24,26</sup>.

## Evidencias científicas para la prescripción de ejercicio físico en fibromialgia

Se ha demostrado que tanto la capacidad aeróbica como la fuerza muscular pueden mejorarse por medio de programas de entrenamiento físico sin ningún riesgo para el paciente. Ya que por medio de la AF se pueden aumentar dichas cualidades, las mujeres con FM percibirán menor dolor y fatiga a la hora de realizar sus actividades cotidianas y su CDV mejorará. Este debe ser el objetivo principal en el tratamiento de este síndrome.

Algunas recomendaciones basadas en la evidencia y la opinión de expertos en FM sugieren la inclusión de entrenamiento aeróbico, fortalecimiento muscular y flexibilidad, ya sea individualmente o en combinación, en todos los programas de ejercicio destinados a este grupo poblacional<sup>1</sup>. La mayoría de la investigación en esta línea se ha centrado en programas de ejercicio aeróbico<sup>12-18,20,21,23,26,28,30,34-41</sup>. El entrenamiento de fuerza se ha incluido como parte de los programas de ejercicio en la FM en los últimos años, y hasta el momento, son pocos los estudios que han examinado los efectos de este entrenamiento por sí solo<sup>25,31,33,42-44</sup>. Por su parte, los efectos de la flexibilidad como estrategia individual no se han evaluado y, por lo general, tan sólo se ha considerado como una terapia control<sup>17,23,26,43,45-47</sup>.

Son escasos los estudios que comparan los posibles efectos sinérgicos de varios tipos de intervenciones basadas en el ejercicio físico, tan sólo varios estudios que comparaban los efectos del ejercicio de fortalecimiento con el entrenamiento aeróbico<sup>20,22,29</sup>, y varios que evaluaban los efectos del ejercicio de fuerza frente a los beneficios de la flexibilidad<sup>43</sup> o los del ejercicio aeróbico frente al de flexibilidad<sup>17,47</sup>. Otro estudio<sup>48</sup> com-



paraba un tratamiento combinado de ejercicio aeróbico, fuerza y flexibilidad frente a un grupo de relajación. En otros, se comparaba el ejercicio aeróbico en tierra frente al ejercicio en piscina<sup>14,30</sup>. Si bien numerosas revisiones han evaluado los efectos del ejercicio aeróbico, fortalecimiento muscular, y/o ejercicios de amplitud de movimiento, la determinación de la eficacia de diversos tipos y volúmenes de entrenamiento continúa siendo objeto de debate<sup>7-9</sup>.

Determinar qué tipo de ejercicio permite incrementar en mayor medida la capacidad física de estos sujetos y consigue las mayores tasas de adherencia es difícil de definir, ya que, por lo general, no es posible establecer comparaciones entre los diversos estudios debido a las diferencias existentes en los métodos de entrenamiento, intensidad seleccionada, variedad de la muestra, duración de los programas e, incluso, los resultados previstos.

### Programas de ejercicio aeróbico

El ejercicio físico con un bajo impacto mecánico como el taichi, el yoga, la caminata o los ejercicios en el agua se han recomendado con frecuencia para el manejo de la FM<sup>6-8,49,50</sup>. Tanto la balneoterapia<sup>40,41</sup>, los ejercicios en piscina de agua caliente<sup>14,20,21,40,46</sup>, como el entrenamiento aeróbico en seco<sup>12-17,23,28,29,34-37,39</sup> han demostrado ser beneficiosos en el tratamiento de estos pacientes.

El primer estudio que evaluó los efectos del ejercicio aeróbico a una intensidad moderada-alta fue el de McCain et al<sup>23</sup>, quienes compararon un programa de ejercicio aeróbico, 3 veces por semana durante 20 semanas, con un programa de ejercicios de flexibilidad, reflejando mejoras en el grupo de cicloergómetro frente al de flexibilidad en el umbral del dolor, *tender points* (TP) y la capacidad cardiovascular, pero sin cambios en la intensidad del dolor, las perturbaciones del sueño o la función psicológica. Poco después, Mengshoel et al<sup>34</sup> evaluaron los efectos del ejercicio aeróbico supervisado, ejecutado 2 veces a la semana durante un periodo de 20 semanas, reflejando mejoras en dinamometría manual en el grupo aeróbico frente a los sujetos control. El primer intento de establecer pautas concretas en la prescripción de la actividad lo encontramos en el estudio de Nichols y Glenn<sup>35</sup>, quienes distribuyeron a los pacientes bien en un programa de ejercicio aeróbico basado en 20 minutos de caminata al 60-70% de su frecuencia cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ), 3 veces por semana durante 8 semanas, o bien en un grupo control sin tratamiento. Sin embargo, no se encontraron diferencias en cuanto al dolor, e incluso, los pacientes del grupo aeróbico reflejaron un empeoramiento en su capacidad funcional tras el estudio. Tampoco hubo mejoras en dolor, fuerza, fatiga o capacidad aeróbica en varios grupos que realizaban bailes o ejercicios de mantenimiento 2-3 veces por semana durante 12 semanas<sup>36</sup>.

Poco antes, y usando la misma intensidad que en el estudio de Nichols y Glenn<sup>35</sup>, Wigers et al<sup>12</sup> compararon los efectos a corto y largo plazo del ejercicio aeróbico en un grupo que se ejercitaba 3 veces por semana durante 14 semanas. Se reflejó que el grupo experimental obtuvo beneficios en dolor, depresión y alteraciones del sueño, aunque dichas mejoras no fueron mantenidas en el periodo de seguimiento (4 años). En esta misma línea, Meiworm et al<sup>13</sup> evaluaron un programa de 12 semanas, con una intensidad del 50% del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y una frecuencia de 3 veces a la semana, reflejando mejoras en capacidad aeróbica y en dolor corporal. Por otro lado, Ramsay et al<sup>27</sup> compararon los efectos del ejercicio aeróbico supervisado (60 minutos por semana durante 12 semanas) con otro no supervisado realizado en

casa. Tan sólo en el grupo supervisado se encontraron mejoras en ansiedad y bienestar, lo que denota la importancia de la interacción con otros compañeros y con el monitor.

Por aquel entonces empezó a tomarse conciencia de la importancia de controlar la intensidad con la que se realizaban los ejercicios con objeto de obtener los mayores beneficios de la AF. Por este motivo, Meyer y Lemley<sup>37</sup> evaluaron los efectos de un programa de caminata de baja y alta intensidad de 24 semanas, aunque sin compararlos con un grupo control. No se demostró ningún cambio en la función física o en los síntomas de la FM entre los grupos, aunque las mejoras fueron algo superiores en el programa de ejercicio de baja intensidad, con disminución del impacto de la enfermedad en un mayor porcentaje que en el grupo de alta intensidad que, a su vez, incrementó el dolor de las mujeres. En esta misma línea, Van Santen et al<sup>16</sup> siguieron buscando el estímulo más adecuado para estas mujeres sin que supusiese un incremento en sus síntomas. Con este objetivo, compararon ejercicios de baja intensidad con otros de alta intensidad durante 20 semanas (2-3 días a la semana en función de la intensidad), y observaron que las mujeres que realizaban ejercicios aeróbicos de alta intensidad aumentaban su dolor, al igual que ocurrió en el estudio anterior. Varios autores comenzaron a poner en práctica estos consejos; así, Richards y Scott<sup>47</sup>, en un programa que evaluaba la caminata sobre un tapiz rodante y ciclismo, no encontraron mejoras en la capacidad aeróbica tras 3 meses en práctica, aunque el 35% de los pacientes reflejaron sentirse mejor. El ejercicio empezó a baja intensidad y corta duración y fue incrementado gradualmente.

Si bien la mayoría de los estudios habían evaluado programas de ejercicio aeróbico continuo, Schachter et al<sup>18</sup> compararon los efectos del ejercicio aeróbico fraccionado en dos sesiones de 15 minutos cada una, con una sesión continua de 30 minutos, durante un periodo de 16 semanas. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre ambas formas de ejercicio, las dos fueron útiles para la mejora de la autoeficacia y la gravedad de la enfermedad.

Parecía obvio que el ejercicio aeróbico reportaba beneficios a estos pacientes si se realizaba con una intensidad moderada; el problema en este momento radicaba en saber la magnitud de esos beneficios al comparar este tratamiento con otros disponibles o bien al comparar distintos tipos de ejercicio físico con objeto de dilucidar cuál y en qué magnitud es más eficaz para el manejo de esta patología. Si bien McCain et al<sup>23</sup> ya intentaron comparar el ejercicio aeróbico con el de flexibilidad, fueron Valim et al<sup>17</sup> quienes realizaron un estudio riguroso en el que informaron de los efectos positivos de caminar 45 minutos 3 veces por semana durante 20 semanas frente a ejercicios de estiramiento (17 ejercicios de los principales músculos mantenidos durante 30 segundos con una duración de 45 minutos 3 veces por semana). El 66% de las mujeres del grupo de caminata y 33% del de flexibilidad mostraron mejoras de al menos un 15% en su consumo de oxígeno. Las que caminaban, a su vez, mejoraron en capacidad vital, puntuación total del *Fibromalgia Impact Questionnaire* (FIQ), salud mental y depresión, frente a las que realizaban estiramientos. Por su parte, Redondo et al<sup>28</sup> compararon 8 semanas de entrenamiento físico con terapia cognitivo-conductual (TCC), y hallaron que la capacidad funcional y el dolor (SF-36) habían mejorado significativamente en el grupo de entrenamiento. No hubo diferencias en ansiedad, depresión y autoeficacia después del tratamiento en ninguno de los dos grupos. Tras un año de seguimiento, la mayoría de los parámetros habían regresado a los valores basales en ambos grupos. Sin embargo, en el grupo de entrenamiento, la capacidad funcional se mantuvo significativamente mejor. Si ya se había comparado el efecto del ejercicio aeróbico frente a otras modalidades de ejercicio, o con terapias psicológicas, Sen-

can et al<sup>39</sup> lo hicieron frente a un fármaco como es la paroxetina. A pesar de tratarse de una intervención corta, tan sólo 6 semanas, los ejercicios aeróbicos consiguieron disminuir el dolor, la ansiedad, e incluso el consumo de analgésicos.

Si bien la mayoría de estos estudios se han basado en ejercicio aeróbico en tierra, otros muchos han reportado beneficios tras un programa de ejercicio en piscina. Las primeras evidencias de los beneficios de esta modalidad frente a los de los ejercicios tradicionales las encontramos en el estudio de Jentoft et al<sup>14</sup>, quienes, con objeto de buscar una alternativa que permitiese minimizar el dolor y la fatiga que se sucedían a la práctica de ejercicio, compararon el impacto de 20 semanas de ejercicio en piscina frente a ejercicios en tierra sobre la capacidad cardiovascular. Ambos grupos mejoraron en la capacidad aeróbica y en diferentes síntomas. Al comparar ambos grupos en lo que a la dinamometría manual se refiere, se obtuvieron mejoras superiores en el grupo de ejercicio en tierra. En esta línea, Gowans et al<sup>26</sup> examinaron el impacto de 23 semanas de ejercicio aeróbico en tierra y piscina sobre la función física y el estado de ánimo. El ejercicio consistió en clases de 30 minutos con 10 minutos de estiramientos y 20 de ejercicio aeróbico (60-75% FCmáx) 3 veces a la semana. Durante las 6 primeras semanas los ejercicios se desarrollaron en la piscina para eliminar el dolor tras el ejercicio. El grupo experimental mejoró la capacidad aeróbica, la depresión, ansiedad, salud mental y autoeficacia en comparación con el grupo control. Assis et al<sup>30</sup> también reflejaron, tras 15 semanas de ejercicios de moderada intensidad, basados en carreras en el agua y entrenamiento en suelo, mejoras en dolor, estado de ánimo, capacidad física, CDV y función en 60 mujeres sedentarias con un alto nivel de afectación (FIQ score > 60).

Altan et al<sup>40</sup> distribuyeron a 50 pacientes con FM en un programa de ejercicio en piscina de 12 semanas (3 sesiones de 35 minutos por semana) o en un grupo de balneoterapia. El primer grupo realizaba ejercicios aeróbicos, de fuerza y flexibilidad. Ambos grupos mejoraron su sintomatología, incluyendo la gravedad del dolor, fatiga o rigidez; sin embargo, el análisis entre grupos mostró que el grupo de ejercicio tuvo mejoras significativas en términos de depresión comparado con el de balneoterapia. Estas mejoras fueron similares a las reflejadas por Cedraschi et al<sup>51</sup>, y se mantenían seis meses más tarde. Para evaluar los beneficios del ejercicio junto a la balneoterapia, Zijlstra et al<sup>41</sup> combinaron ambas estrategias en un tratamiento de 2 semanas y media, consiguiendo mejoras sintomáticas y en la CDV de mujeres con FM, aunque éstas no se mantuvieron a los 6 meses de seguimiento.

Recientemente, se han llevado a cabo varios estudios que evaluaban los beneficios del ejercicio en una piscina poco profunda con resultados muy esperanzadores, a corto y largo plazo, no sólo en la sintomatología de estos pacientes sino también en la capacidad funcional y la CDV<sup>20,21</sup>.

Del análisis de los estudios anteriores (tabla 1) se pueden extraer evidencias sólidas de los beneficios de los ejercicios de resistencia (baja-moderada intensidad) para esta población. En resumen, parece existir un grado de evidencia moderado que indica que los ejercicios aeróbicos producen una mejoría en el dolor, bienestar psicológico, en el grado de ansiedad, depresión y en el impacto global que la FM produce sobre la vida del paciente, lo que influye positivamente en la mejora de su CDV. Podría, igualmente, haber efectos positivos sobre los TP, aunque estas mejoras han sido inconsistentes o estadísticamente insignificantes<sup>50</sup>. Los ejercicios aeróbicos fueron, a su vez, eficaces para el incremento de la resistencia, lo que determina mejoras en la capacidad funcional y la movilidad de estos pacientes<sup>8</sup>.

Por otro lado, no todos los estudios han reflejado mejoras en la capacidad aeróbica<sup>15,34,36</sup>. Las razones de esta inconsistencia podrían ser las

diferencias en los programas de entrenamiento o las capacidades iniciales de los sujetos<sup>52</sup>. Parece ser que el tipo de ejercicio y su duración, frecuencia e intensidad influyen en la mejora del dolor corporal de los pacientes con FM<sup>53</sup>.

Se desconoce aún si las ganancias en capacidad física están o no correlacionadas positivamente con una disminución de los síntomas en FM<sup>8,9</sup>, por lo que son necesarias nuevas investigaciones que permitan determinar la intensidad, dosis y frecuencia de ejercicio más adecuadas para cada paciente<sup>7,8,49</sup>. De lo que no hay duda es de que las mujeres con FM pueden beneficiarse del ejercicio aeróbico regular con intensidad moderada, ya que éste no ha mostrado efectos adversos evidentes y permite mejorar la sintomatología y la CDV de estas mujeres<sup>54</sup>.

### Programas de ejercicios de fortalecimiento

Está ampliamente aceptado que el ejercicio es beneficioso para el control de la FM; sin embargo, la mayoría de los programas que incluyen ejercicio físico no se han preocupado por el entrenamiento de la fuerza, con lo que hay una falta de entendimiento sobre la adecuación de su uso en este colectivo. Varios autores han apoyado la hipótesis de que los ejercicios de fortalecimiento podrían hacer frente a las limitaciones en la capacidad para realizar las tareas rutinarias de la vida diaria que se han reflejado en estos pacientes<sup>29,44</sup>.

En un principio, este tipo de entrenamientos fue desechado, ya que se pensó que la FM era una causa directa del trauma muscular, y el entrenamiento de fuerza podría agravar la condición de dolor crónico y daño muscular<sup>55</sup>. Actualmente, sin embargo, se ha sugerido que la fuerza podría frenar la falta de condición física de estas mujeres<sup>43</sup>, aunque su tratamiento sigue limitándose a unos pocos estudios<sup>20,25,31-33,42-44,56</sup>.

Uno de estos estudios fue realizado por Häkkinen et al<sup>42</sup>, quienes llevaron a cabo un estudio que investigaba el efecto de 21 semanas de entrenamiento progresivo de la fuerza sobre la función neuromuscular y percepción de los síntomas en mujeres con FM frente a mujeres sanas. La intervención englobaba a un grupo experimental que se ejercitaba 2 veces a la semana empezando al 40-60% de una repetición máxima (1RM), para ir incrementando hasta el 60-80% de 1RM. Se mostraron mejoras en la fuerza muscular, estado de ánimo, dolor del cuello y fatiga que mejoraron significativamente, aunque no hubo cambios en el dolor general o el número de TP. Estos aumentos en fuerza máxima y fuerza explosiva en las mujeres con FM fueron similares a los de mujeres sanas. En otro estudio posterior, estos mismos autores<sup>31</sup> analizaron la fuerza y función neuromuscular de un grupo de mujeres con FM frente a otras mujeres con FM que no recibían entrenamiento y frente a mujeres sanas. Tras las 21 semanas de entrenamiento, el grupo de ejercicio obtuvo mejoras en fuerza máxima, señal electromiográfica (EMG) y adaptación neuromuscular, comparable a las de mujeres sanas. Ese mismo año, Jones et al<sup>43</sup> evaluaron el impacto de un programa de 12 semanas de entrenamiento progresivo de la fuerza frente a ejercicios de flexibilidad, sobre los síntomas de la FM. El programa de fortalecimiento mostró mejoras significativas en la fuerza muscular, FIQ y dolor. No hubo diferencias significativas en el periodo de seguimiento, aunque la magnitud del cambio fue mayor en el grupo de fortalecimiento. El dolor no se incrementó con la participación en ninguno de los dos grupos, lo que indica que estos tipos de tratamiento podrían ser efectivos para el alivio sintomático de esta patología. Por su parte, Geel y Robergs<sup>56</sup> analizaron la fuerza muscular generada por 10 sujetos con FM mediante el trabajo de distintos grupos musculares a intensidades entre el 60-70% de 1RM. Tras las 8 se-

**Tabla 1**

Programas de resistencia en pacientes con fibromialgia

Estudio	Participantes	Duración y frecuencia	Intervención	Medidas
Mengshoel et al (1990)	A (n=18); B (n=17) ♀ FM	60 min 2x/sem. (20 sem.)	A. Baile aeróbico supervisado (120-150 lpm) o B. Sin tratamiento	Dinamometría manual capacidad aeróbica VAS, sueño, fatiga
Resultados: Mejora de la dinamometría manual en el grupo aeróbico al compararlo con el control				
Nichols et al (1994)	A (n=10); B (n=9): (178,2♂) FM, 20 min 3x/sem. (8 sem.)		A. Andar (60-70% FCmáx); B. Sin tratamiento	MPQ, función psicológica, función física
Resultados: Andar no produjo mejoras significativas en dolor o bienestar psicológico, aunque el GC mostró un mayor impacto de la enfermedad				
Wigers et al (1996)	3 grupos (n=20 x grupo, 55♀, 5♂) ♀ FM	45 minutos. 3x/sem. (14 sem.) + 4,5 años de seguimiento	A. Ejercicio aeróbico (60-70% FCmáx x 20 minutos); B. Control del estrés; C. Tratamiento habitual	VAS, TP, fatiga, sueño, función física, función psicológica
Resultados: A y B mejoraron a corto plazo en TP. A mejoró en dolor y capacidad aeróbica. No hubo mejoras significativas a largo plazo				
Norregaard et al (1997)	A (n=5); B (n=11); C (n=7) ♀ FM	A. 50 minutos - 3x/sem. B y C 2x/sem. (12 sem.)	A. Baile (aeróbico); B. Ejercicio de mantenimiento; C. Bolsas agua caliente	VAS dolor y fatiga, TP, FIQ, BDI, capacidad aeróbica, din. isocinética
Resultados: Tras 12 semanas no hubo mejoras en dolor, fatiga fuerza, o capacidad aeróbica en ninguno de los grupos				
Meyer et al (2000)	A (n=8); B (n=8); C (n=5) ♀ FM	10-30 min.- 3x/sem. (24 sem.)	A. Caminata alta intensidad; B. Caminata baja intensidad; C. Control	TP, BDI, BAI, VAS, FIQ
Resultados: La caminata de baja intensidad disminuyó el impacto de la FM (mejora de un 35% en FIQ) y su sintomatología, mientras la de alta intensidad incrementó el dolor y mejoró FIQ tan solo un 8%				
Meiworm et al (2000)	A (n=27); B (n=12), 36♀ y 3♂ FM	25 minutos - 3x/sem (12 sem.)	A. Ejercicio aeróbico (caminata, ciclismo, natación) al 50% VO <sub>2máx</sub> ; B. Control	Capacidad aeróbica, TP, VAS
Resultados: El ejercicio aeróbico supuso mejoras en capacidad aeróbica, disminuyó el número de TP y el dolor al compararlo con sujetos control				
Jentoft et al (2001)	A (n=18); B (n=16) ♀ FM	60 minutos - 2x/sem. (20 sem.)	A. Ejercicio aeróbico (60-80% FCmáx); B. Ejercicio en piscina	FIQ, dinamometría manual, tiempo de caminata, fatiga, VAS
Resultados: Incremento de capacidad aeróbica por el ejercicio. Aunque las mejoras en A fueron superiores en fuerza. Ambos obtuvieron mejoras sintomáticas				
Gowans et al (2001)	A (n=27); B (n=23) ♀ FM	30 minutos - 3x/sem. (23 sem.) 1º 1x piscina/sem.	A. Ejercicio aeróbico + flexibilidad; B. Control	TP, capacidad muscular, FIQ, ansiedad, depresión y 6MWT
Resultados: A mostró mejoras significativas en 6MWT, ansiedad, depresión, salud mental y autoeficacia				
Van Santen et al (2002a)	A (n=18); B (n=15) ♀ FM	A. 1h 3x/sem. B. 1h 2x/sem. (20 sem.)	A. Ejercicio aeróbico alta intensidad (70% FCmáx); B. Ejercicio aeróbico baja intensidad	Dolor, TP, salud general ansiedad, depresión, función psicológica
Resultados: El grupo A obtuvo mejoras modestas en capacidad física y bienestar general pero no afectó a la función psicológica y salud general				
Van Santen et al (2002b)	A (n=47); B (n=43); C (n=28) ♀ FM	A. 1h 2-3x/sem. (24 sem.); B. 30 min. 2x/sem. (8 sem.)	A. Ejercicio aeróbico; B. Biofeedback; C. Control; D. 50% de A y B 6 sesiones de educación	Dolor, TP, fatiga, capacidad aeróbica, SIP
Resultados: No hubo diferencias significativas entre ninguno de los grupos				
Schachter et al (2003)	A (n=56); B (n=51); C (n=36) ♀ FM	10 a 30 minutos. 3 a 5x/sem (16 sem.)	A. Ejercicio aeróbico a intervalos cortos; B. intervalos largos; C. Control	Dolor, TP, sueño, rigidez, alteraciones funcionales
Resultados: Los ejercicios aeróbicos progresivos de bajo impacto mejoraron la función física y sintomatología. El fraccionamiento del ejercicio no mostró mejoras				
Sencan et al (2004)	A-B-C (n=20) ♀ FM	(6 sem.) + 6 semanas de seguimiento	A. Ejercicio aeróbico; B. Paroxetina; C. Placebo	Autoeficacia, VAS, BDI, TP, alteraciones psicológicas
Resultados: VAS y BDI disminuyeron en A y B frente a C incluso tras el seguimiento. El grupo A redujo a su vez el consumo de analgésicos				
Redondo et al (2004)	A (n=19); B (n=21) ♀ FM	(8 sem.) + seguimiento 6 y 12 meses	A. Ejercicio aeróbico; B. TCC	Dolor, TP, FIQ, SF-36, función física, autoeficacia, función psicológica
Resultados: A y B mejoraron las manifestaciones de la FM; sin embargo, las mejoras en autoeficacia y capacidad física no se asociaron con las mejoras en las manifestaciones clínicas				
Altan et al (2004)	A (n=24); B (n=22) ♀ FM	(12 sem.) + 1 año seguimiento	A. Ejercicio en piscina caliente; B. Balneoterapia	Dolor, TP, fatiga, sueño, FIQ, resistencia muscular
Resultados: El ejercicio en piscina tiene efectos positivos sobre algunos síntomas de la FM aunque no se ha mostrado que sea superior a la balneoterapia				
Assis et al (2006)	A (n=26), B (n=26), ♀ FM	1 h.- 3x/sem. (15 sem.)	A. Entrenamiento en piscina profunda; B. Ejercicio aeróbico	VAS, FIQ, BDI, SF-36
Resultados: Ambos tratamientos se mostraron efectivos en la mejora del dolor y funcionalidad de mujeres con FM, aunque el entrenamiento en piscina supuso, a su vez, mejoras adicionales en aspectos emocionales				
Tomás-Carús et al (2008)	A (n=15); B (n=15) ♀ FM	1h 3x/sem. (8 meses)	A. Ejercicio en agua 10 min. calentamiento, 2x10 min. ejercicio aeróbico al 65-75% FCmáx, 20 min. F- 4x10 repeticiones, 10 min. VC. B. Control	FIQ, VAS, capacidad aeróbica y funcional ansiedad y depresión
Resultados: El tratamiento fue efectivo en la mejora de la capacidad funcional dolor, rigidez, ansiedad, depresión, FIQ, capacidad aeróbica, y equilibrio. Efectos similares a los de los tratamientos de corta duración				

Ejercicios de resistencia (baja-moderada intensidad).

6MWT: Six Minutes Walk Test; bai; BAI: Beck Anxiety Index; Beck Depression Index; din.: dinamometría; F: fuerza; FIQ: Fibromyalgia Impact Questionnaire; FM: fibromialgia; GC: grupo control; lpm: latidos por minuto; MPQ: McGill Pain Questionnaire; SIP: Sickness Impact Profile; TCC: terapia cognitivo-conductual; TP: tender points; VAS: Visual Analogue Scale; VC: vuelta a la calma; VO<sub>2máx</sub>: consumo máximo de oxígeno.

manas del tratamiento, la fuerza dinámica en hombros y piernas se incrementó en un 43% y un 51% respectivamente, mejorando a su vez el dolor y las perturbaciones del sueño. Posteriormente, se llevaron a cabo una serie de estudios que examinaban los efectos del entrenamiento de fuerza sobre la fuerza máxima, área muscular, actividad EMG y concentración hormonal en mujeres con FM. En un primer estudio<sup>25</sup>, se demostraron una reducción en el número de TP y una tendencia hacia la mejora del dolor, sueño, y fatiga tras 21 semanas de entrenamiento. Otro de sus estudios incluía 26 mujeres de edad avanzada con FM quienes incrementaron el área muscular del cuádriceps en un 5% y la activación voluntaria de los músculos (47-57%) en comparación con mujeres que no se ejercitaron durante las 21 semanas<sup>32</sup>. Por último, tras realizar un entrenamiento con 6-7 ejercicios entre el 40-80% de RM, 2 veces por semana durante el mismo periodo, el grupo experimental mejoró la fuerza isométrica (36%), la concéntrica (33%) y la actividad EMG; sin embargo, no se modificaron las concentraciones hormonales. Quizás la principal conclusión de estos autores fue que por medio de este tipo de entrenamiento se podía aumentar la fuerza y capacidad de estas mujeres sin incrementar sus síntomas<sup>33</sup>.

Kingsley et al<sup>44</sup> llevaron a cabo un estudio con el objetivo de conocer si las mujeres con FM podían realmente beneficiarse del entrenamiento de fuerza. Un grupo de 15 mujeres con FM realizaron 2 veces por semana una serie de 8-12 repeticiones al 40-60% de 1RM y posteriormente al 60-80%, durante 12 semanas, comparando sus efectos con un grupo control. Tras la intervención, mejoró la fuerza muscular y la capacidad funcional de los miembros superiores, aunque el FIQ y los TP no mejoraron significativamente. Poco después, Gusi et al<sup>20</sup> aplicaron un entrenamiento en piscina a 17 mujeres con FM durante 12 semanas, reflejando mejoras en la fuerza muscular del tren inferior (20%) y reducción del dolor en un 29%. Las mejoras fueron mantenidas durante un periodo de seguimiento de 6 meses.

Las intervenciones con ejercicios de fortalecimiento (ejercicio con sobrecargas) (tabla 2) tienen importantes repercusiones sobre la independencia y la CDV de las mujeres con FM<sup>44</sup>. Se han reflejado mejoras

clínicamente significativas (mayores al 30%) mediante un entrenamiento exclusivo de fuerza en el dolor, bienestar general y depresión; sin embargo, estos estudios también han mostrado beneficios en ansiedad, CDV, capacidad física, fatiga y estado de ánimo frente a sujetos control.

Aunque continúa el debate sobre las capacidades iniciales de las personas con FM en términos de fuerza y capacidad<sup>1</sup>, no hay duda de que por medio de un periodo de entrenamiento de fortalecimiento sistemático, se podría incrementar la fuerza máxima<sup>20,32,33,42,56</sup>, actividad electromiográfica, y la sección transversal del cuádriceps<sup>31,32</sup>, tal y como lo harían en sujetos control sanos. La mayoría de los estudios muestran que las personas con FM pueden participar con éxito en un programa progresivo de fortalecimiento, sin que eso suponga un incremento de los síntomas inducidos por el ejercicio<sup>20,25,32,42,43</sup>. Sin embargo debemos tener cuidado al prescribir este tipo de tratamientos, debido a que un programa de alta intensidad, el abuso de ejercicios excéntricos o incluso de posiciones isométricas, podría agravar los síntomas.

### Programas de ejercicios de flexibilidad

Los objetivos de los estiramientos son mejorar la movilidad articular, flexibilidad, rendimiento mecánico y la prevención de lesiones; sin embargo, no se dispone hasta el momento de estudios que comparen los beneficios del ejercicio exclusivo de la flexibilidad frente a un grupo control sin ejercicio, ya que, por lo general, sólo se han empleado en combinaciones de ejercicio o bien como grupo control<sup>17,23,26,43,46,47</sup>.

El primer estudio que comparó los ejercicios aeróbicos con los de flexibilidad<sup>23</sup> reflejó mejoras, aunque no significativas, en dolor y perturbaciones del sueño tras una intervención de 20 semanas (60 minutos 3 veces a la semana). En otro estudio en el que se comparaban los ejercicios de fortalecimiento con los de flexibilidad, Jones et al<sup>43</sup> distribuyeron a 56 mujeres con FM en dos grupos que se ejercitaron dos veces por semana (1 hora por sesión) durante 12 semanas. Las clases englobaban el fortalecimiento de los 12 principales grupos musculares, de forma está-

**Tabla 2**  
Programas de ejercicio para la mejora de la fuerza muscular en pacientes con fibromialgia

Estudio	Participantes	Duración y frecuencia	Intervención	Medidas
Häkkinen et al (2001)	A (n=11); B (n=10); C (n=12) ♀ FM	2x/sem. (21 sem.)	A. Fuerza, 1º 40-60% 2º 60-80% 1RM; B. Control; C. Sujetos sanos	TP, fuerza, EMG, VAS dolor y sueño, BDI, fatiga
Resultados: La fuerza muscular, EMG y depresión mejoraron en A en comparación con B. Este entrenamiento puede usarse de forma segura en FM, pues disminuye el impacto del síndrome y la sintomatología				
Häkkinen et al (2002)	A (n=11); B (n=10); C (n=12) ♀ FM	2x/sem. (21 sem.)	A. Entrenamiento de fuerza; B. FM sin tratamiento; C. Control	Fuerza, antropometría, respuesta hormonal
Resultados: Incremento de la fuerza máxima, señal EMG y adaptación neuromuscular comparable al de mujeres sanas				
Valkeinen et al (2004)	A (n=13); B (n=13); C (n=10) ♀ FM	2x/sem. (21 sem.)	A. Fuerza; B. FM control; C. Fuerza sujetos sanos	Dolor, TP, fatiga, sueño, fuerza, función, depresión
Resultados: El entrenamiento de fuerza tiene efectos positivos en la percepción de los síntomas y la capacidad funcional pero sin complicaciones				
Kingsley et al (2005)	A (n=15); B (n=14) ♀ FM	2x/sem. (12 sem.)	A. Fuerza (1 serie 8-12 repeticiones 1º 40-60% y 2º 60-80% RM). B. Control	Fuerza, TP, FIQ, función física
Resultados: A mejoró la fuerza muscular y la capacidad funcional de los miembros superiores, aunque FIQ y TP no mejoraron significativamente				
Valkeinen et al (2006)	A (n=13); B (n=13) ♀ FM	2x/sem. (21 sem.)	A. Fuerza (6-7 ejercicios del 40-80% RM); B. Control	Fuerza, EMG, VAS, hormonas
Resultados: El entrenamiento de fuerza mejoró la fuerza isométrica (36%), la concéntrica (33%) y la actividad EMG aunque no se modificaron las concentraciones hormonales. Se trata de un tratamiento efectivo y sin incremento de los síntomas				

Ejercicios de fuerza (ejercicio con sobrecargas).

BDI: Beck Depression Index; EMG: electromiográfica; FIQ: Fibromyalgia Impact Questionnaire; FM: fibromialgia; RM: repetición máxima; TP: tender points; VAS: visual Analogue Scale.

tica en lugar de dinámica, y evitando el sobreestiramiento. Las mujeres de este grupo mostraron diferencias estadísticamente significativas en fuerza, flexibilidad, autoeficacia y sintomatología, lo que confirmó que este entrenamiento por sí solo obtiene mejoras significativas, aunque en un menor grado que el ejercicio de fortalecimiento. Por su parte, Richards y Scott<sup>47</sup> quisieron comparar el ejercicio aeróbico y el de flexibilidad, mediante el uso de estiramientos de los miembros superiores e inferiores junto con el uso de técnicas de relajación. El programa tuvo, de nuevo, una duración de 12 semanas y los sujetos se ejercitaron 2 veces a la semana. Tras la intervención, ambos grupos disminuyeron el número de TP y los cambios persistieron un año después. No hubo cambios, sin embargo, en FIQ, dolor o los componentes físicos del SF-36, aunque los niveles de fatiga volvieron a caer en ambos grupos. Al no haberse reflejado ningún efecto adverso, los autores recomendaron esta práctica. Por último, Valim et al<sup>17</sup> volvieron a emplear los ejercicios de flexibilidad como grupo control para una intervención de ejercicio aeróbico. Las sesiones se realizaron durante 45 minutos, 3 veces semanales durante 20 semanas, incluyendo 17 ejercicios en los que se mantuvo la posición 30 segundos. Mientras el grupo que realizó ejercicio aeróbico fue superior al de flexibilidad en la mayoría de los parámetros evaluados, el grupo de estiramiento no mejoró la salud mental o la depresión tras las 20 semanas de entrenamiento; este grupo tan sólo mejoró en amplitud de movimiento y ligeramente en ansiedad y dolor.

Existen pruebas limitadas de los beneficios de este tipo de práctica como posible tratamiento en FM<sup>7</sup>; sin embargo, los resultados analizados (tabla 3) parecen indicar que esta intervención podría ser beneficiosa para el incremento de la flexibilidad y en menor medida de los aspectos psicológicos. Por lo tanto, más estudios son necesarios para confirmar y ampliar los efectos del ejercicio de amplitud de movimiento<sup>9</sup>.

### Programas de ejercicio combinado

Como se ha reflejado, los programas de ejercicio que incluyan el ejercicio aeróbico, el entrenamiento de fuerza o la flexibilidad de forma aislada pueden ser beneficiosos para algunos pacientes con FM<sup>6</sup>. En la tabla 4 pueden observarse los efectos de la combinación de este tipo de intervenciones<sup>19,22,25,27,29,38,45,46,48,51,57,58</sup>.

Uno de los primeros programas que comparó varias intervenciones con ejercicio fue diseñado por Burckhardt et al<sup>45</sup> quienes elaboraron un estudio en el que a un grupo se le aplicó un programa educacional durante 6 semanas, con información sobre aspectos generales de la FM y estrategias de afrontamiento del dolor y relajación. Otro grupo recibió el programa de educación junto con un entrenamiento físico durante el mismo período en el que se realizaban estiramientos y ejercicios de amplitud de movimiento, dos sesiones en piscina y un periodo de ejercicio aeróbico individual; y la tercera rama constituía el grupo de control. Los dos grupos mejoraron la CDV, dolor, función y otros síntomas. Martin et al<sup>48</sup> evaluaron un programa de 6 semanas que incluía ejercicio aeróbico, de fuerza y flexibilidad frente a un grupo de relajación. Los autores reflejaron mejoras en la capacidad aeróbica y TP. Sin embargo, concluyeron que a pesar de poder aconsejarse su práctica al no haberse reflejado ningún tipo de efecto secundario, la duración de dicho programa fue demasiado corta para poder determinar efectos positivos. Poco después, Verstappen et al<sup>24</sup> estudiaron el efecto del ejercicio aeróbico junto a ejercicios de flexibilidad y fortalecimiento durante un periodo de 6 meses. No se encontraron diferencias entre ambos grupos y, aunque el programa era de baja intensidad, no mostró incrementos de la capacidad cardiorrespiratoria; sin embargo, el 80% de los pacientes reflejaron que se encontraban mejor con el ejercicio y que su rigidez y CDV había mejorado. Un estudio similar fue elaborado por Buckelew et al<sup>57</sup>, quienes compararon la efectividad de un programa de ejercicio aeróbico (caminar a intensidad moderada-alta), flexibilidad y fortalecimiento muscular, con otro programa de *biofeedback*/relajación, o bien la unión de ambas terapias. Las tres estrategias proporcionaron mejoras en la condición física, TP y autoeficacia, que se mantuvieron incluso un año después de la intervención. Las mejoras en capacidad física y dolor se mantuvieron durante 2 años.

Gowans et al<sup>58</sup> evaluaron el efecto de 6 semanas de ejercicio en piscina, 2 veces a la semana y en combinación con un programa de educación. Los pacientes en el grupo de ejercicio mostraron mejoras en la capacidad aeróbica, fatiga, sueño y bienestar, al compararlos con un grupo sin tratamiento. Tras 6 meses de seguimiento, los pacientes seguían mostrando mejoras en la capacidad aeróbica, sintomatología y bienestar. Por su parte, Mannerkorpi et al<sup>46</sup>, de nuevo tras una sesión en piscina a la semana durante 6 meses, demostraron reducciones significativas en

**Tabla 3**  
Programas de ejercicios de flexibilidad en pacientes con fibromialgia

Estudio	Participantes	Duración y frecuencia	Intervención	Tipo de ejercicio	Medidas
McCain et al (1988)	A (n=18); B (n=20) ♀ FM	60 min 3x/sem. (20 sem.)	A: Cicloergómetro (150-170 lpm) o B: flexibilidad	Aeróbico frente a flexibilidad	Función física, VAS, TP, fatiga y sueño
Resultados: Mejora de la capacidad aeróbica, umbral de dolor y TP en el grupo aeróbico frente al de flexibilidad. No hubo efectos secundarios					
Jones et al (2002)	A (n=28); B (n=28) ♀ FM	1h 2x/sem. (12 sem.)	A. Fuerza; B. Flexibilidad	Fuerza frente a flexibilidad	VAS, TP, FIQ, fuerza, flexibilidad, CDV, BDI, ansiedad y autoeficacia
Resultados: Mejoras significativas en fuerza en ambos grupos, aunque superiores en el de entrenamiento de fuerza. No incrementó el dolor y las mejoras se mantuvieron un año después en A					
Richards et al (2002)	A (n=69); B (n=67) ♀ FM	A. 60 min. 2x/sem. (12 sem.)	A. Ejercicio aeróbico (caminata o bicicleta); B. Flexibilidad-relajación	Aeróbico frente a flexibilidad	Dolor, TP, FIQ, SF-36, fatiga
Resultados: 35% de los que se ejercitaban reportaron mejoras respecto al 18% en B. Las mejoras en TP se mantuvieron durante un año de seguimiento					
Valim et al (2003)	A (n=32); B (n=28) ♀ FM	45 minutos; 3x/sem. (20 sem.)	A. Ejercicio aeróbico; B. Flexibilidad	Aeróbico frente a flexibilidad	VAS, TP, FIQ, SF-36, flexibilidad, ansiedad, BDI
Resultados: Ambos programas mostraron mejoras significativas, aunque éstas fueron superiores en el grupo con ejercicio aeróbico					

BDI: Beck Depression Index; CDV: calidad de vida; FIQ: Fibromyalgia Impact Questionnaire; FM: fibromialgia; lpm: latidos por minuto, TP: *tender points*; VAS: *Visual Analogue Scale*.

**Tabla 4**  
Programas de ejercicios combinados en pacientes con fibromialgia

Estudio	Participantes	Duración y frecuencia	Intervención	Tipo de ejercicio	Medidas
Burckhardt et al (1994)	A (n=30); B (n=28); C (n=28) ♀ FM	A. 1h 1x/sem. (6 sem.); B. 1,5h, 1x/sem. (6 sem.)	A. Educación; B. Educación + ejercicio aeróbico + flexibilidad; C. Sin tratamiento	Mixto	Dolor, TP, FIQ, autoeficacia, fatiga, sueño, función psicológica
Resultados: La CDV, dolor, función y otros síntomas mejoraron en los grupos de tratamiento frente al grupo control. FIQ, dolor, fatiga y rigidez mejoraron en B tras 11 meses de seguimiento					
Martin et al (1996)	A (n=18); B (n=20) ♀ ♂ FM	A. 1h 3x/sem. (6 sem.); B. 1h 1x/sem. (6 sem.)	A. Ejercicio aeróbico (60-80% FCmáx) + fuerza + flexibilidad; B. Relajación	Combinado	Capacidad aeróbica, dinamometría isocinética, Sit and Reach, TP, VAS, FIQ, ASES
Resultados: Se reflejaron mejoras significativas en el grupo A al compararlo con B, en dolor, TP y capacidad aeróbica					
Gowans et al (1999)	A (n=20), B (n=21) ♀ FM	Ejercicio 30 min. 2x/sem + educación 1h 2x /sem. (6 sem.)	A. Aquerobic + fuerza + flexibilidad + educación; B. Lista de espera	Mixto	6MWT, FIQ, fatiga, sueño, función psicológica
Resultados: En A se produjeron mejoras en la capacidad aeróbica, bienestar, fatiga y autoeficacia al comparar con el grupo control. A los 3 meses se mantuvieron los beneficios en capacidad aeróbica y bienestar					
Rooks et al (1999)	n=13 ♀ FM	1h 3x/sem. (20 sem.)	Ejercicio aeróbico + fuerza + flexibilidad Sin grupo control	Combinado	6MWT, capacidad muscular, FIQ
Resultados: El ejercicio mejoró significativamente la fuerza muscular, capacidad aeróbica y subescalas del FIQ					
Ramsay et al (2000)	A (n=37); B (n=37) ♀ FM	1h 1x/sem. (12 sem.)	A. Ejercicio aeróbico + estiramientos + relajación; B. Ejercicios en casa	Combinado	Dolor, TP, HAQ, sueño, ansiedad y depresión
Resultados: Mejoras en la ansiedad en el grupo de ejercicio frente a control. Tras 24 y 48 semanas de seguimiento no se mantuvieron las mejoras					
Mannerkorp et al (2000)	A (n=28); B (n=29) ♀ FM	35 min. 1x/sem. (6 meses) + 6 ses. Educación	A. Piscina de baja intensidad+ res. aeróbica + flexibilidad + educación; B. Control	Mixto	FIQ, 6MWT, SF-36, función psicológica, fatiga, sueño, dinamometría manual
Resultados: A obtuvo mejoras en FIQ, dinamometría, capacidad aeróbica y CDV respecto a B. Las mejoras se mantuvieron 6 meses tras la intervención					
King et al (2002)	A (n=42); B (n=41); C (n=35); D (n=34) ♀ FM	(12 sem.) + 3 meses seguimiento	A. Ejercicio aeróbico; B. Educación; C. Ejercicio aeróbico + educación; D. Sin tratamiento	Aeróbico o mixto	TP, FIQ, capacidad funcional, autoeficacia
Resultados: La combinación de ejercicio y educación mejora la habilidad para controlar los síntomas. El ejercicio aeróbico incrementa la distancia de caminata, que se mantuvo tras el seguimiento solo en este grupo					
Cedraschi et al (2004)	A (n=84); B (n=80) ♀ FM	(6 sem.) + 6 meses seguimiento	A. Trat. multidisciplinar con ejercicio aeróbico ; B. Control	Combinado	Dolor, TP, SF-36, FIQ
Resultados: Un tratamiento multidisciplinar basado en ejercicio y educación puede mejorar la CDV de mujeres con FM, que se mantuvo 6 meses después del tratamiento					
Da Costa et al (2005)	A (n=39); B (n=40) ♀ FM	(12 sem.) + 9 meses seguimiento	A. Ejercicio en casa; B. Control	Mixto	FIQ, dolor
Resultados: El ejercicio en casa de moderada intensidad mejoró significativamente el estado de salud y el dolor de mujeres con FM (fundamentalmente en las más afectadas al inicio); mejora que se mantuvo durante el periodo de seguimiento					
Zijlstra et al (2005)	A (n=58); B (n=76) ♀ FM	(2,5 sem.) + 12 meses seguimiento	A. Spa; B. Control	Mixto	Dolor, TP, FIQ, fatiga, sueño, salud general depresión
Resultados: Una combinación de talasoterapia y ejercicio mejoró los síntomas y la CDV de mujeres con FM, aunque dichas mejoras no fueron significativas a los 6 meses de seguimiento					
Gusi et al (2006)	A (n=17); B (n=17) ♀ FM	1h 3x/sem. (12 sem.)	A. Ejercicios en agua caliente (10 min. de calentamiento, 2x10 min. de ejercicio aeróbico al 65-75% FCmáx, 20 min. de fuerza 4x10 repeticiones, 10 min. VC	Aeróbico + fuerza	Fuerza, capacidad funcional CDV, VAS, ansiedad y depresión
Resultados: Incremento de la fuerza en miembros inferiores (20%) que se mantuvo durante el seguimiento. También mejoraron CDV (93%) y dolor (29%) durante el entrenamiento aunque el dolor volvió a niveles iniciales tras éste					
Bircan et al (2008)	A (n=13); B (n=13)	3x/sem. (8 sem.)	A. Ejercicio aeróbico (20-30 min. al 60-70% FCmáx. B. Ejercicios de fuerza (5-12 repeticiones)	Aeróbico frente a fuerza	VAS, 6MWT, SF-36, ansiedad, depresión
Resultados: A y B fueron similarmente efectivos en todos los parámetros analizados					
Valkeinen et al (2008)	A (n=13); B (n=11) ♀ FM	1h.- 3x/sem. (21 sem.)	A. Ejercicio aeróbico y fortalecimiento (40-80%, 2-6 series, 30-60 minutos). B. Grupo control	Aeróbico + fuerza	Fuerza, capacidad aeróbica, capacidad funcional, HAQ, VAS, fatiga, calidad del sueño y bienestar
Resultados: Incremento de la fuerza en los miembros inferiores (20%) que se mantuvo durante el seguimiento. También mejoraron CDV (93%) y dolor (29%) durante el entrenamiento aunque el dolor volvió a niveles iniciales tras éste					

Mixto: Terapia no farmacológica más ejercicio físico; Combinado: Combinaciones de ejercicio físico

6MWT: Six Minutes Walk Test; ASES: Arthritis Self-Efficacy Questionnaire; CDV: calidad de vida; FCmáx: frecuencia máxima cardíaca; FIQ: Fibromyalgia Impact Questionnaire; FM: fibromialgia; HAQ: Health Assessment Questionnaire; TP: tender points; VAS: Visual Analogue Scale.

dolor (15%) y SF-36 (33%) disminución que se mantuvo durante los dos años posteriores al programa de entrenamiento. Otro estudio similar fue desarrollado por Cedraschi et al<sup>51</sup>, quienes distribuyeron a 164 mujeres con FM bien en un programa de ejercicio en piscina junto con educación o bien en un grupo control (lista de espera). La intervención consistió en 12 sesiones con ejercicios de natación y relajación en las que se invertían 45 minutos en el ejercicio y 45 minutos en la educación (2 veces por semana durante 6 semanas). Tras 6 meses, los pacientes en el grupo experimental mostraron mejoras en los síntomas (FIQ) comparado con el grupo control. King et al<sup>38</sup> también compararon el ejercicio aeróbico junto con educación o bien ambas terapias por separado. Tras 12 semanas, la combinación de ejercicio y educación mejoró la habilidad para controlar los síntomas, mientras que la terapia exclusiva con ejercicio aeróbico mejoró la caminata y mantuvo sus mejoras tras el periodo de seguimiento. También, Assis et al<sup>30</sup> mezclaron ejercicios aeróbicos, de fortalecimiento y flexibilidad en tierra firme y en medio acuático; ambos tratamientos se mostraron efectivos sobre el dolor y la funcionalidad de estos pacientes.

Varios autores han querido comparar los beneficios de ejercicios combinados realizados en el hogar. Así, Ramsay et al<sup>27</sup> no mostraron superioridad alguna de un programa de ejercicio aeróbico supervisado de 12 semanas frente a ejercicios en casa; tan sólo una pequeña mejora en el bienestar psicológico. Por otro lado, Da Costa et al<sup>19</sup> reflejaron cambios significativos en la capacidad física; así como, reducciones en los problemas mentales y síntomas somáticos un año después de haber completado una intervención de 12 semanas de ejercicios aeróbicos en casa.

Por su parte, otro grupo de autores comparó los efectos de un entrenamiento de fortalecimiento con otro de flexibilidad<sup>43</sup> para lo cual evaluaron los efectos de dichos programas de entrenamiento, dos veces por semana durante 12 semanas, reflejándose en ambos grupos mejoras globales en el síndrome aunque superiores con el entrenamiento de fuerza. Poco después, Valim et al<sup>17</sup> compararon los efectos positivos de un programa basado en la caminata con otro de flexibilidad. Tras el tratamiento, el grupo aeróbico mejoró su consumo de oxígeno y el impacto del síndrome sobre la vida cotidiana de los pacientes, principalmente en depresión y salud mental. Otro estudio que comparaba los efectos del entrenamiento aeróbico frente al de fuerza, demostró que el dolor, sueño, fatiga, TP, capacidad aeróbica, depresión y CDV mejoraron de manera similar en ambos grupos, por lo que no es posible determinar cuál de los dos tratamientos fue más efectivo<sup>29</sup>.

Por último, Rooks et al<sup>59</sup> combinaron un programa de entrenamiento de fuerza progresivo con ejercicio aeróbico durante 20 semanas, logrando mejoras en la fuerza muscular, la capacidad cardiovascular y la capacidad funcional en mujeres con FM. De hecho, al comparar la eficacia del ejercicio combinado de fuerza y resistencia sobre la musculatura, el rendimiento aeróbico y la sintomatología de mujeres posmenopáusicas con FM, Valkeinen et al<sup>22</sup> mostraron mejorías en la fuerza muscular de los extensores de la pierna, capacidad y tiempo de trabajo, y el desempeño funcional, así como sobre los síntomas percibidos. Por lo tanto, los programas de ejercicio supervisado incluyendo el ejercicio aeróbico y entrenamiento de fuerza pueden ser beneficiosos en pacientes con FM<sup>6</sup>.

### Recomendaciones para la prescripción y control de un programa de ejercicio físico en fibromialgia

A pesar de los numerosos trabajos publicados que demuestran los beneficios sintomáticos del ejercicio físico en pacientes con FM, no existen

protocolos ni pautas de dosificación concretas que puedan ser aplicados en todos los casos.

Las recomendaciones de AF para el desarrollo y mantenimiento de la salud en adultos<sup>58</sup> sugieren que los adultos (18-65 años) deben realizar: para la resistencia cardiorrespiratoria (entrenamiento aeróbico): a) la frecuencia de ejercicio al menos 3 días por semana; b) la intensidad de ejercicio suficiente para alcanzar o superar el 40% de la frecuencia cardíaca de reserva (rango 40% a 85%) o el 64% de la FCmáx (rango 64% a 94%); c) los periodos de sesiones de al menos 20 minutos de duración (rango 20 a 60 minutos), ya sea con ejercicio continuo o intermitente en bloques de 10 minutos, y el uso de cualquier modalidad de ejercicio aeróbico que implique el uso de los principales grupos de músculos en las actividades rítmicas y d) un periodo de tiempo total de al menos 6 semanas.

Para fortalecer los músculos, los requisitos de ejercicio de dosificación fueron los siguientes: a) frecuencia de 2 a 3 días por semana y b) un mínimo de un conjunto de 8 a 12 repeticiones a una intensidad que permita realizar entre 8 y 12 repeticiones de cada ejercicio, utilizando cualquier tipo de ejercicio de fortalecimiento. La dosificación para la flexibilidad fue: a) la frecuencia de ejercicio  $\geq 2$  días por semana, b) la intensidad necesaria para causar un malestar leve, y c) de 3 a 4 repeticiones con una duración de 10 a 30 segundos.

Si bien estas son las recomendaciones para la población general, un creciente cuerpo de investigación que evalúa los diferentes tipos de ejercicio en personas con FM ha demostrado la necesidad de establecer consideraciones especiales para este colectivo, que vendrían dadas por su sintomatología o el propio nivel inicial de sus capacidades<sup>59</sup>. Es necesario que se individualice la intensidad, duración y frecuencia de cada sesión según sea la capacidad de los pacientes; sin embargo, encontramos un grave problema en la prescripción de AF en FM. A modo de ejemplo, dos mujeres con FM, con la misma edad, tendrían teóricamente la misma FCmáx siguiendo la tradicional prescripción a partir de la fórmula 220-edad que promulgan numerosos autores. Este hecho puede conllevar que mujeres con diferentes niveles de afectación reciban un mismo programa de ejercicio, lo que puede repercutir negativamente en su condición. Abordar estas cuestiones ayudará a los profesionales para el diseño óptimo de programas terapéuticos adecuados para este grupo poblacional.

Los pacientes con FM tienen distintos niveles iniciales en sus capacidades físicas; algunos de ellos pueden ejercitarse a intensidad moderada-alta, mientras que para otros esa intensidad puede incrementar el dolor<sup>16</sup>. Tal y como se había reflejado, la intensidad en pacientes con dolor crónico no es constante, fundamentalmente en aquéllos con FM cuyos síntomas son muy variables<sup>60</sup>, lo que plantea la necesidad de valorar la capacidad individual antes de iniciar cualquier programa con objeto de ajustar la intensidad del ejercicio.

En su revisión, Pedersen y Saltin<sup>1</sup> recomiendan para las mujeres con FM una intensidad inicialmente baja para, después, aumentarla gradualmente hasta el umbral de la fatiga. En general, un ejercicio realizado a una intensidad entre el 60-75% de la FCmáx es bien tolerado<sup>55,57</sup>. Es recomendable que estas mujeres realicen pausas frecuentes pero cortas entre los diferentes ejercicios, para permitir continuar con la actividad un periodo de tiempo más largo sin que aparezca la fatiga<sup>63</sup>. La intensidad del ejercicio es importante para la seguridad y eficacia de los programas en sujetos con FM<sup>59</sup>. Sin embargo, el paciente debe ser consciente de que a corto plazo podría aumentar el dolor y la fatiga, y algunos autores han reflejado disminución en los valores de FIQ en grupos de pacientes que se ejercitaron a mayor intensidad<sup>15,37</sup>.

Después de varios meses, la frecuencia debería ser de 2-3 días por semana. Una frecuencia de entrenamiento que alcance tres sesiones por semana como recomienda el *American College of Sports Medicine* (ACSM) ha sido un criterio básico en la evaluación de numerosos trabajos; sin embargo, tal y como señalan numerosos autores, una frecuencia de entrenamiento elevada podría acarrear problemas para mujeres con FM<sup>12,37</sup>.

En cuanto al tipo de ejercicio, en principio, podría recomendarse cualquiera, siempre mantenido con una duración de al menos 30 minutos. Se debería evitar el trabajo excéntrico que puede agravar determinados síntomas y el microtrauma muscular, así como evitar ejercicios isométricos que pueden desencadenar una disminución del riego sanguíneo en el músculo.

### Conclusiones y recomendaciones finales

Ha quedado patente como las evidencias son sólidas para recomendar programas de ejercicio cardiovascular en el tratamiento general de pacientes con FM, y si bien el entrenamiento de la fuerza y la flexibilidad conlleva beneficios sintomáticos y en la condición física de estos pacientes no hay un modelo uniforme que permita recomendar la prescripción de alguna de estas modalidades. Sin embargo, evidencias emergentes indican que un enfoque multidisciplinar que combine cada una de estas modalidades parece ser el más beneficioso.

De lo que no hay duda es de la importancia de individualizar los programas para este grupo poblacional atendiendo a sus diferentes niveles de afectación. La prescripción debería comenzar a baja intensidad y corta duración, para progresivamente incrementar ambos parámetros hasta el umbral de la fatiga.

### Bibliografía

- Pedersen BK, Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16(Suppl 1):3-63.
- Bartels EM, Lund H, Hagen KB, Dagfinrud H, Christensen R, Dannekiold-Samsøe B. Aquatic exercise for the treatment of knee and hip osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007;(4):CD005523.
- Metsios GS, Stavropoulos-Kalingoglou A, Veldhuijzen JJ, Treharne GJ, Pannoulas VF, Douglas KM, et al. Rheumatoid arthritis, cardiovascular disease and physical exercise: a systematic review. *Rheumatol (Oxford)*. 2008;47(3):239-48.
- Wolfe F, Smythe HA, Yunus MB, Bennett RM, Bombardier C, Goldenberg DL, et al. The American College of Rheumatology 1990 criteria for the classification of fibromyalgia. Report of the multicenter criteria committee. *Arthritis Rheum*. 1990;33:160-72.
- Rosy LA, Buckelew SP, Dorr N, Hagglund KJ, Thayer JF, McIntosh MJ, et al. A meta-analysis of fibromyalgia treatment interventions. *Ann Behav Med*. 1999;21:180-91.
- Carville SF, Arendt-Nielsen S, Bliddal H, Blotman F, Branco JC, Buskila D, et al. EULAR/EULAR evidence-based recommendations for the management of fibromyalgia syndrome. *Ann Rheum Dis*. 2008;67(4):536-41.
- Busch AJ, Schachter CL, Overend TJ, Peloso PM, Barber KA. Exercise for fibromyalgia: a systematic review. *J Rheumatol*. 2008;35(6):1130-44.
- Brosseau L, Wells GA, Tugwell P, Egan M, Wilson KG, Dubouloz CJ, et al. Ottawa Panel Members. Ottawa Panel evidence-based clinical practice guidelines for aerobic fitness exercises in the management of fibromyalgia: part 1. *Phys Ther*. 2008a;88(7):857-71.
- Brosseau L, Wells GA, Tugwell P, Egan M, Wilson KG, Dubouloz CJ, et al. Ottawa Panel Members. Ottawa Panel evidence-based clinical practice guidelines for strengthening exercises in the management of fibromyalgia: part 2. *Phys Ther*. 2008b;88(7):873-86.
- Turk DC, Monarch ES, Williams AD. Psychological evaluation of patients diagnosed with fibromyalgia syndrome: a comprehensive approach. *Rheum Dis Clin North Am*. 2002;28:219-33.
- Maquet D, Demoulin C, Croisier JL, Crielaard JM. Benefits of physical training in fibromyalgia and related syndromes. *Ann Readapt Med Phys*. 2007;50(6):363-8, 356-62.
- Wigers GH, Stiles TC, Vogel PA. Effects of aerobic exercise versus stress management treatment in fibromyalgia: a 4.5 year prospective study. *Scand J Rheumatol*. 1996;25:77-86.
- Meiworm L, Jakob E, Walker UA, Peter HH. Patients with fibromyalgia benefit from aerobic endurance exercise. *Clin Rheumatol*. 2000;19:253-7.
- Jentoft ES, Kvalvik AG, Mengshoel AM. Effects of pool-based and land-based aerobic exercise on women with fibromyalgia/chronic widespread muscle pain. *Arthritis Rheum*. 2001;45:42-7.
- Van Santen M, Bolwijn P, Verstappen F, Bakker C, Hidding A, Houben H, et al. A randomized clinical trial comparing fitness and biofeedback training versus basic treatment in patients with fibromyalgia. *J Rheumatol*. 2002a;29:575-81.
- Van Santen M, Bolwijn P, Landewe R, Verstappen F, Bakker C, Hidding A, et al. High or low intensity aerobic fitness training in fibromyalgia: does it matter? *J Rheumatol*. 2002b;29:582-7.
- Valim V, Oliveira L, Suda A, Silva L, de Assis M, Barros T, et al. Aerobic fitness effects in fibromyalgia. *J Rheumatol*. 2003;30(5):1060-9.
- Schachter CL, Busch AJ, Peloso PM, Sheppard MS. Effects of short versus long bouts of aerobic exercise in sedentary women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2003;83:340-58.
- Da Costa D, Abrahamowicz M, Lowensteyn I, Bernatsky S, Dritsa M, Fitzcharles MA, et al. A randomized clinical trial and individualized home-based exercise programme for women with fibromyalgia. *Rheumatol (Oxford)*. 2005;44:1422-7.
- Gusi N, Tomas-Carus P, Häkkinen A, Häkkinen K, Ortega-Alonso A. Exercise in waist-high warm water decreases pain and improves health-related quality of life and strength in the lower extremities in women with fibromyalgia. *Arthritis Rheum*. 2006;55(1):66-73.
- Tomas-Carus P, Gusi N, Häkkinen A, Häkkinen K, Leal A, Ortega-Alonso A. Eight months of physical training in warm water improves physical and mental health in women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. *J Rehabil Med*. 2008;40(4):248-52.
- Valkeinen H, Alén M, Häkkinen A, Hannonen P, Kukkonen-Harjula K, Häkkinen K. Effects of concurrent strength and endurance training on physical fitness and symptoms in postmenopausal women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(9):1660-6.
- McCain GA, Bell DA, Mai FM, Halliday PD. A controlled study of the effects of a supervised cardiovascular fitness training program on the manifestations of primary fibromyalgia. *Arthritis Rheum*. 1988;31:1135-41.
- Verstappen FT, van Santen-Houefft HM, Bolwijn PH, Linden S, Kuipers H. Effects of a group activity program for fibromyalgia patients on physical fitness and well being. *J Musculoskel Pain*. 1997;5:17-29.
- Valkeinen H, Alén M, Hannonen P, Häkkinen A, Airaksinen O, Häkkinen K. Changes in knee extension and flexion force, EMG and functional capacity during strength training in older females with fibromyalgia and healthy controls. *Rheumatol (Oxford)*. 2004;43:225-8.
- Gowans SE, deHueck A, Voss S, Silaj A, Abbey SE, Reynolds WJ. Effect of a randomized, controlled trial of exercise on mood and physical function in individuals with fibromyalgia. *Arthritis Rheum*. 2001;45:519-29.
- Ramsay C, Moreland J, Ho M, Joyce S, Walker S, Pullar T. An observer-blinded comparison of supervised and unsupervised aerobic exercise regimens in fibromyalgia. *Rheumatol (Oxford)*. 2000;39(5):501-5.
- Redondo JR, Justo CM, Moraleda FV, Velayos YG, Puche JJ, Zubero JR, et al. Long-term efficacy of therapy in patients with fibromyalgia: a physical exercise-based program and a cognitive-behavioral approach. *Arthritis Rheum*. 2004;51:184-92.
- Bircan C, Karasel SA, Akgün B, El O, Alper S. Effects of muscle strengthening versus aerobic exercise program in fibromyalgia. *Rheumatol Int*. 2008;28(6):527-32.
- Assis MR, Silva LE, Alves AM, Pessanha AP, Valim V, Feldman D, et al. A randomized controlled trial of deep water running: clinical effectiveness of aquatic exercise to treat fibromyalgia. *Arthritis Rheum*. 2006;55:57-65.
- Häkkinen K, Pakarinen A, Hannonen P, Häkkinen A, Airaksinen O, Valkeinen H, et al. Effects of strength training on muscle strength, cross-sectional area, maximal electromyographic activity, and serum hormones in premenopausal women with fibromyalgia. *J Rheumatol*. 2002;29(6):1287-95.
- Valkeinen H, Häkkinen K, Pakarinen A, Hannonen P, Häkkinen A, Airaksinen O, et al. Muscle hypertrophy, strength development, and serum hormones during strength training in elderly women with fibromyalgia. *Scand J Rheumatol*. 2005;34:309-14.
- Valkeinen H, Häkkinen A, Hannonen P, Häkkinen K, Alén M. Acute heavy-resistance exercise-induced pain and neuromuscular fatigue in elderly women with fibromyalgia and in healthy controls: effects of strength training. *Arthritis Rheum*. 2006;54:1334-9.
- Mengshoel AM, Førre O, Komnaes HB. Muscle strength and aerobic capacity in primary fibromyalgia. *Clin Exp Rheumatol*. 1990;8(5):475-9.
- Nichols DS, Glenn TM. Effects of aerobic exercise on pain perception, affect, and level of disability in individuals with fibromyalgia. *Phys Ther*. 1994;74:327-32.



36. Norregaard J, Lykkegaard JJ, Mehlsen J, Danneskiold-Samsøe B. Exercise training in treatment of fibromyalgia. *J Musculoskel Pain*. 1997;5: 71-9.
37. Meyer BB, Lemley KJ. Utilizing exercise to affect the symptomology of fibromyalgia: a pilot study. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1691-7.
38. King SJ, Wessel J, Bhambhani Y, Sholter D, Maksymowych W. The effects of exercise and education, individually or combined, in women with fibromyalgia. *J Rheumatol*. 2002;29:2620-7.
39. Sencan S, Ak S, Karan A, Muslumanoğlu L, Özcan E, Berker E. A study to compare the therapeutic efficacy of aerobic exercise and paroxetine in fibromyalgia syndrome. *J Back Musculoskeletal Rehabil*. 2004;17(2): 57-61.
40. Altan L, Bingöl U, Aykac M, Koc Z, Yurtkuran M. Investigation of the effects of pool-based exercise on fibromyalgia syndrome. *Rheumatol Int*. 2004;24:272-7.
41. Zijlstra TR, van de Laar MA, Bernelot HJ, Taal E, Zakraoui L, Rasker JJ. Spa treatment for primary fibromyalgia syndrome: a combination of thalassotherapy, exercise and patient education improves symptoms and quality of life. *Rheumatol (Oxford)*. 2005;44:539-46.
42. Häkkinen A, Häkkinen K, Hannonen P, Alén M. Strength training induced adaptations in neuromuscular function of premenopausal women with fibromyalgia: comparison with healthy women. *Ann Rheum Dis*. 2001;60:21-6.
43. Jones KD, Burckhardt CS, Clark SR, Bennett RM, Potempa KM. A randomized controlled trial of muscle strengthening versus flexibility training in fibromyalgia. *J Rheumatol*. 2002;29:1041-8.
44. Kingsley JD, Panton LB, Toole T, Sirithienthad P, Mathis R, McMillan V. The effects of a 12-week strength-training program on strength and functionality in women with fibromyalgia. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86: 1713-21.
45. Burckhardt CS, Mannerkorpi K, Hedenberg L, Bjelle A. A randomized, controlled clinical trial of education and physical training for women with fibromyalgia. *J Rheumatol*. 1994;21:714-20.
46. Mannerkorpi K, Nyberg B, Ahlmén M, Ekdahl C. Pool exercise combined with an education program for patients with fibromyalgia syndrome: a prospective, randomized study. *J Rheumatol*. 2000;27:2473-81.
47. Richards SC, Scott DL. Prescribed exercise in people with fibromyalgia: parallel group randomised controlled trial. *BMJ*. 2002;325:185.
48. Martin L, Nutting A, MacIntosh BR, Edworthy SM, Butterwick D, Cook J. An exercise program in the treatment of fibromyalgia. *J Rheumatol*. 1996; 23(6):1050-3.
49. Mannerkorpi K, Iversen MD. Physical exercise in fibromyalgia and related syndromes. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2003;17:629-47.
50. Goldenberg DL, Burckhardt C, Crofford L. Management of fibromyalgia syndrome. *JAMA*. 2004;292(19):2388-95.
51. Cedraschi C, Desmeules J, Rapiti E, Baumgartner E, Cohen P, Finckh A, et al. Fibromyalgia: a randomised, controlled trial of a treatment programme based on self management. *Ann Rheum Dis*. 2004;63:290-6.
52. Mannerkorpi K. Exercise in fibromyalgia. *Curr Opin Rheumatol*. 2005;17:190-4.
53. Tomas-Carus P, Häkkinen A, Gusi N, Leal A, Häkkinen K, Ortega-Alonso A. Aquatic training and detraining on fitness and quality of life in fibromyalgia. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(7):1044-50.
54. Nishishinya MB, Rivera J, Alegre C, Pereda CA. Intervenciones no farmacológicas y tratamientos alternativos en la fibromialgia. *Med Clin (Barc)*. 2006;127:295-9.
55. Clark SR, Jones KD, Burckhardt CS, Bennett RM. Exercise for patients with fibromyalgia: risks versus benefits. *Curr Rheumatol Rep*. 2001;3: 135-46.
56. Geel SE, Robergs RA. The effect of graded resistance exercise on fibromyalgia symptoms and muscle bioenergetics: a pilot study. *Arthritis Care Res*. 2002;47:82-6.
57. Buckelew CS, Conway R, Parker J, Deuser WE, Read J, Witty TE, et al. Biofeedback/relaxation training and exercise interventions for fibromyalgia: a prospective trial. *Arthritis Care Res*. 1998;11:196-209.
58. Gowans SE, deHueck A, Voss S, Richardson M. A randomized, controlled trial of exercise and education for individuals with fibromyalgia. *Arthritis Care Res*. 1999;12:120-8.
59. Rooks DS. Talking to patients with fibromyalgia about physical activity and exercise. *Curr Opin Rheumatol*. 2008;20(2):208-12.
60. Harris RE, Williams DA, McLean SA, Sen A, Hufford M, Gendreau RM, et al. Characterization and consequences of pain variability in individuals with fibromyalgia. *Arthritis Rheum*. 2005;52(11):3670-4.
61. Offenbächer M, Stucki G. Physical therapy in the treatment of fibromyalgia. *Scand J Rheumatol Suppl*. 2000;113:78-85.



Revisión

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

## La periodización del entrenamiento y las cuestiones emergentes: el caso de los deportes de equipo

A. Moreira

*Escola de Educação Física e Esporte (EEFE), Departamento de Esporte. Grupo de Estudos e Pesquisa em Planejamento e Monitoramento do Treinamento Físico e Esportivo. Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.*

---

### Historia del artículo:

Recibido el 20 de junio de 2010

Aceptado el 17 de julio de 2010

---

### Palabras clave:

Monitoreo.

Entrenamiento deportivo.

Periodización.

Deportes.

---

### Key words:

Monitoring.

Sports training.

Periodization.

Sport.

---

### RESUMEN

La periodización clásica del entrenamiento, establecida hace décadas, aún se mantiene vigente. Sin embargo, recientemente, se han sugerido e investigado abordajes alternativos al diseño del proceso de entrenamiento. El deporte colectivo necesita de un abordaje particular con perspectivas diferentes y específicas. En este sentido, se hace necesario considerar y discutir algunas cuestiones emergentes relativas a la periodización del entrenamiento como un todo. Además habría que tener en cuenta algunas particularidades concernientes a deportes colectivos tales como la producción científico-académica, los modelos alternativos de periodización, los estudios en deportes colectivos con diseño de *overreaching*, cargas concentradas o periodización en bloque y la utilización de la prueba de campo e indicadores de percepción para el monitoreo del proceso de entrenamiento.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

---

### ABSTRACT

#### **The training periodization and the emerged questions: the team sports' case**

The so-called "traditional periodization" was established decades ago and has remained utilized on nowadays. Team sports need a particular approach with different and specific perspectives. However, recently, alternative approaches have been suggested and investigated. So, it is imperative to consider some emergent questions related to training periodization, and particularly within the team sports context, as the scientific merit of periodization content, alternative periodization models, *overreaching* designs and the use of highly concentrated workloads in team sports, as well as the usefulness of field test performance and perceptual markers to monitoring training process.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

---

### Contacto:

A. Moreira

Departamento de Esporte.

Escola de Educação Física e Esporte.

Universidade de São Paulo.

Av. Prof. Mello de Moraes, 65.

Cidade Universitária.

0555080030 São Paulo. Brasil.

E-mail: [alemoreira@usp.br](mailto:alemoreira@usp.br)

## Introdução

Para Matveev<sup>1</sup>, no processo de preparação esportiva, é fundamental compreender e relacionar os fatores que influenciam a preparação e a dinâmica da resposta de adaptação dos sistemas orgânicos dos atletas submetidos a essas influências, que, por sua vez, provocam as alterações em seus níveis de preparação. Este enfoque sugere a importância de observar as alterações de determinados marcadores funcionais ao longo da preparação, buscando entender as relações que condicionaram as transformações observadas, ou seja, o que se sucedia no processo de treinamento e o impacto da organização deste nas respostas individuais dos atletas.

A possibilidade da observação dos fatores supracitados, da relação entre conteúdo da preparação e alteração da condição (estado) do atleta, é possível, sobretudo, mediante o rígido controle da dinâmica das cargas durante as distintas etapas da estruturação do treinamento. Esse controle da dinâmica das cargas e das alterações dos marcadores (indicadores) funcionais durante as diferentes etapas do sistema de treinamento tem sido otimizado por meio de diferentes modelos de programação e estruturação.

A distribuição planejada das cargas ou a variação nos métodos, meios e conteúdo de treinamento em períodos (etapas) cíclicos tem sido denominada como *periodização*<sup>2-9</sup>. Nesse cenário, o processo de treinamento e sua estruturação estão intimamente ligados ao termo e ao conceito amplamente difundido de *periodização do treinamento*, definida por O'Bryant<sup>10</sup> como uma abordagem cíclica do treinamento, na qual são realizadas alterações periódicas e planejadas nos parâmetros de treinamento (volume, intensidade, carga, seleção de exercícios, etc.) com o objetivo de que o atleta atinja sua ótima *performance* no momento apropriado.

Issurin<sup>11</sup> pondera que a periodização do treinamento foi descrita como uma sequência proposta de diferentes unidades de treinamento (longa duração, duração média, ciclos de curto prazo de treinamento e sessões), a fim de que o atleta pudesse alcançar o estado desejado e os resultados planejados.

O modelo tradicional de periodização do treinamento estabelecido há cinco décadas ainda se mantém vigente, no que tange à aplicação por parte de muitos treinadores e em discussões teóricas inerentes ao treinamento esportivo. Recentemente, abordagens alternativas ao delineamento do processo de treinamento têm emergido, entretanto, conforme é apropriadamente considerado por Issurin<sup>11</sup> muito mais em forma de relatos de profissionais e revistas para treinadores do que em periódicos científicos. Todavia, a despeito desse cenário, estudos recentes vêm sinalizando caminhos e diretrizes concernentes aos delineamentos experimentais e possibilidades de aplicação prática.

O presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão e provocar uma reflexão acerca das questões emergentes concernentes a periodização do treinamento esportivo, notadamente no que se refere ao esporte coletivo. Nesse sentido, serão considerados pontos-chaves dessa discussão, como a produção científica nesse cenário, os modelos alternativos de periodização e as perspectivas de aplicação no esporte coletivo, os modelos de *overreaching* como delineamentos para a investigação e, ainda, considerar os problemas das cargas concentradas e o monitoramento do processo de preparação no esporte coletivo.

## Periodização: existe diálogo entre a teoria e a prática?

Outra questão importante, referente à produção científica no âmbito da periodização e organização do treinamento esportivo, é que a grande

maioria dos estudos científicos, particularmente os publicados em língua inglesa, ainda é amplamente relacionada ao treinamento com pesos. Um exemplo importante dessas considerações é o debate proposto em 2004 pela *National Strength and Conditioning Association* (NSCA), intitulado "Roundtable Discussion: periodization of training", mediado por Haff<sup>12,13</sup> no qual cinco renomados pesquisadores discutiram a periodização e seus aspectos – entretanto, predominantemente no que diz respeito ao treinamento com pesos e suas facetas. Essa discussão buscou atualizar os conceitos abordados em 1986 nas páginas do *NSCA Journal* com o mesmo objetivo.

Entre diversas possíveis explicações para esse quadro é possível destacar a dificuldade de investigar atletas de elite em uma perspectiva experimental e o acesso a essa população por parte dos pesquisadores. Mesmo na ausência de intervenção, a perspectiva de avanço no conhecimento resultante da investigação do, e no, ambiente real desses esportistas ainda é um desafio para muitos pesquisadores. A possibilidade de experimentos sobre diferentes modelos de periodização com atletas de alto rendimento, com a natural e evidente resistência por parte de treinadores, atletas e comissões técnicas, adiciona outro obstáculo nesse contexto.

Outro problema frequentemente encontrado pelos pesquisadores da Ciência do Esporte é a necessidade de atender aos critérios estipulados pelos principais periódicos da área; por exemplo, nessa linha de raciocínio, Stone et al<sup>14</sup> chamam a atenção para a abordagem mais comum no mundo acadêmico baseada em pré-pós-teste, com um delineamento experimental envolvendo grupo controle. Para os autores, esse delineamento é quase impossível quando se trata de Ciência do Esporte, envolvendo atletas de alto rendimento, que, por definição, são indivíduos únicos; assim, um grupo controle "comparável" é difícil de ser obtido.

Os autores salientam, ainda, que os estudos longitudinais na área da Ciência do Esporte envolvem múltiplas sessões de testes e relativamente poucos indivíduos. O poder estatístico é sempre uma questão em relação à qual um estudo longitudinal, um estudo de caso ou com poucos sujeitos pode parecer "pouco acadêmico" para a maioria dos conselhos revisores. A manipulação do treinamento de acordo com os resultados é uma prática habitual no "campo", e por consequência suas relações são bastante úteis no processo de estruturação da preparação do esportista; entretanto, essa abordagem não é comum nas pesquisas orientadas academicamente<sup>14</sup>.

Essas dificuldades podem, em parte, revelar essa intrigante faceta de aparente divórcio entre o universo acadêmico/evidências científicas e a prática relativa à organização, ao planejamento e ao monitoramento de esportistas de elite. Apesar desse cenário aparentemente desfavorável e incongruente, encontram-se, por outro lado, importantes sinalizações, considerações e buscas de evidências relacionadas à manipulação das variáveis do processo de treinamento, assim como as suas associações com respostas de adaptação diversas. Nesse sentido, é possível verificar na literatura, seja em livros-texto, seja em artigos científicos cercados de maior rigorosidade, a existência de propostas e indicações de caminhos alternativos para o planejamento e monitoramento do esporte de alto rendimento.

## Periodização e modelos alternativos

Diferentes modelos de organização dos ciclos e conteúdos de treinamento ao longo da temporada e em ciclos anuais têm sido propostos e discutidos<sup>1,5,6,15,16</sup>. Na maioria das vezes, no Brasil, os treinadores utili-

zam-se da periodização clássica de treinamento com períodos bem definidos, como os períodos preparatórios, competitivos e transitórios<sup>6,7,11</sup>.

O modelo de periodização denominado “clássico” ou “tradicional” implica a utilização de um regime de cargas de forma simultânea (na mesma unidade de treinamento ou microciclo) e paralela (fases mais longas da preparação), que prevê o desenvolvimento de uma série de tarefas de treinamento com a utilização de cargas de distintas orientações funcionais, as quais visam propiciar o desenvolvimento harmônico e multifacetado do atleta.

Essa característica peculiar de diluição e concorrência das cargas de preparação na periodização clássica tem sido largamente criticada e motivou muitos treinadores a proporem abordagens alternativas. O desenvolvimento simultâneo e concorrente de diferentes tarefas (treinamento físico, técnico, tático, etc.) e, conseqüentemente, de distintas capacidades motoras é uma das principais limitações do modelo na visão dos especialistas.

A mudança do ambiente esportivo e da conjuntura do esporte moderno tem uma influência significativa na modificação da concepção de organização do processo de treinamento. A despeito das características dos diferentes esportes, têm sido considerados pontos fundamentais para sustentar essa mudança de paradigma, entre outros: o incremento do número de competições, a motivação financeira e o caráter comercial evidente do esporte de alto rendimento, a globalização, permitindo maior intercâmbio entre especialistas e pesquisadores do esporte e o avanço da tecnologia<sup>7,11,17</sup>.

Uma das abordagens alternativas, decorrentes dessas considerações, é a concepção baseada na concentração de cargas unidirecionais em uma determinada etapa (bloco) do treinamento; nesse instante, há a concomitante redução ou mesmo ausência de estímulos de cargas de outras finalidades, necessitando-se, assim, de uma seqüência conjugada de cargas de diferentes orientações funcionais distribuídas no tempo, a fim de se alcançar os parâmetros superiores de desempenho.

O treinamento em bloco, caracterizado como “avançado”<sup>6</sup> tem sido alvo de utilização e investigação pelos especialistas do esporte atual<sup>5,11</sup> e caracteriza uma forte oposição às ideias e princípios pedagógicos da periodização clássica. O modelo, por sua vez, também tem sido apresentado e investigado, com propostas e possibilidades de variações, contendo certo grau de liberdade e criatividade, limitado e ao mesmo tempo determinado pelas demandas do esporte específico<sup>5,11,17-20</sup>.

O modelo, que preconiza a utilização do método de seqüência conjugada, compreendendo a introdução sucessiva no programa de treinamento de meios específicos, separados e concentrados no tempo em função do potencial, direção e efeitos acumulativos e posteriores, prevê a concentração de cargas de diferentes orientações (direções, finalidades) fisiológicas em determinadas etapas concretas da preparação. Por conseqüência, tem-se a predominância de estímulos com uma ênfase primária e um mínimo volume de carga destinado ao treinamento e manutenção das outras capacidades<sup>17</sup>.

Esse sistema também tem sido entendido como uma estratégia de variação intermesociclo que envolve períodos de acumulação ou *overreaching* intencional, seguido por outro de restituição, durante o qual respostas acima das alcançadas pelo sistema de periodização clássica são esperadas<sup>6</sup>. Esse fenômeno do *overreaching* funcional ou deliberado, reportado e conceituado na literatura<sup>21</sup>, é frequentemente utilizado por inúmeros atletas e técnicos durante determinados ciclos de treinamento.

Além disso, é plausível considerar que esse fenômeno guarda estreita relação com a resposta característica da concentração de cargas no mo-

delo de treinamento em bloco, notadamente com as cargas concentradas de força, cujo papel no modelo é central e norteador. Ademais, parece razoável admitirmos que esses efeitos, resultantes dos modelos de intensificação do treinamento em etapas (4-6 semanas), seguidos de etapas de redução da carga (*taper*; habitualmente 2 semanas), possam sustentar cientificamente os postulados relativos ao modelo de concentração de cargas de diferentes orientações (treinamento em bloco), agregando evidências aos dados e relatos dos treinadores, atletas e propositores do modelo.

O sistema de treinamento em bloco, proposto por Verkhoshansky<sup>17</sup> está inserido no contexto das teorias relacionadas com a organização do processo de treinamento esportivo, como um modelo de planificação contemporâneo<sup>22-24</sup>. Para Gomes<sup>22</sup>, Oliveira<sup>23</sup> e García-Manso et al<sup>24</sup>, esses modelos são caracterizados e discutidos com base em quatro aspectos:

- 1) A individualização das cargas de treinamento, justificada pela capacidade individual de adaptação do organismo.
- 2) A concentração de cargas de trabalho de uma mesma orientação em períodos de curta duração, levando a uma redução das capacidades e objetivos que se devem treinar dentro de uma estrutura média (ciclo médio/mesociclo) e o conhecimento profundo do efeito que produz cada tipo de carga de treinamento sobre as demais orientações que se desenvolvem no mesociclo.
- 3) Tendência a um desenvolvimento consecutivo de capacidades e objetivos, utilizando o efeito residual de cargas trabalhadas anteriormente.
- 4) Incremento do trabalho específico de treinamento. As adaptações necessárias para o esporte moderno só são possíveis com a realização de cargas especializadas.

Esses autores afirmam que a reserva atual de adaptação (RAA) está determinada pelo grau de desenvolvimento que o indivíduo e/ou o sistema alcançam em um momento concreto da vida esportiva. Conforme aumentam os níveis de rendimento adquiridos mediante o treinamento e a prática esportiva, diminui a reserva potencial de treinamento que se possui, porém, é possível suportar maiores níveis de carga, sem que o sistema seja excessivamente explorado. Esse fenômeno implica que, para uma carga determinada de treinamento, a fadiga é menor, e a recuperação, mais rápida e eficaz.

Adicionalmente, García-Manso et al<sup>24</sup> entendem que o grau de adaptação que é capaz de alcançar um esportista é determinado pela reserva de adaptação que possui o seu organismo. Portanto, a intensidade, o volume e a duração das influências do treinamento determinam o desenvolvimento ótimo da RAA do corpo. Se a magnitude das influências estiver abaixo de determinado nível, o corpo não exigirá o máximo da RAA, porém, se o exceder, produzir-se-á o esgotamento do potencial de reserva e o efeito do treinamento será baixo ou negativo.

Os conceitos anteriormente citados demonstram a dimensão dessa perspectiva de abordagem do treinamento. Desse modo, pode-se entender a afirmação de Verkhoshansky<sup>17</sup> no sentido de considerar a organização de treinamento eficaz tão somente quando se produz um aumento máximo da RAA do corpo mediante um volume apropriado de carga; em conseqüência, devem emergir meios apropriados de programar e organizar o treinamento e formas concretas de se avaliar a RAA, assim como critérios norteadores de determinação dos conteúdos e magnitudes das cargas de treinamento necessários para melhorar a RAA.

Um dos efeitos mais importantes da utilização das cargas concentradas é o efeito posterior duradouro de treinamento (EPDT)<sup>11,18</sup>. Após a saturação do sistema com um tipo de estresse durante algumas semanas, e com um possível decréscimo em determinadas capacidades do esportista por conta de uma fadiga residual, a ênfase é essencialmente modificada durante o subsequente bloco. O volume de treinamento de força (bloco de força) é marcadamente reduzido, enquanto o volume de carga para outra capacidade, tarefa/orientação (técnica/velocidade) é moderado e gradativamente incrementado. Espera-se então um efeito “rebote” no desempenho esportivo, explorando-se o fenômeno do EPDT, permitindo o alcance de níveis superiores de velocidade de movimento e de execução técnica.

Essa possível diminuição da capacidade de desempenho do atleta durante ou imediatamente após a concentração das cargas de força poderia ser explicada, pelo menos em parte, por alterações importantes relacionadas à homeostase do organismo. Fry et al<sup>25</sup> conceituam essa possível alteração da homeostase com concomitante redução dos indicadores funcionais como uma diminuição intencional na *performance* do esportista, criada pela dificuldade do programa de treinamento com o objetivo posterior de propiciar o efeito rebote. Os autores também denominam esse conceito, ou estratégia de delineamento do treinamento, de *overreaching*. Essa estratégia prevê uma grande demanda de trabalho (treinamento) seguida pelo denominado incremento rebote explorando o potencial genético do indivíduo<sup>25</sup>. Essa associação entre os fenômenos, por vezes discutidos de forma diferenciada e com abordagem distinta nos delineamentos na literatura, parece adicionar evidências da utilidade das concentrações de carga no que diz respeito ao objetivo concreto de propiciar o efeito rebote, ou ainda o EPDT.

### **Estudos com delineamento de *overreaching* e testes de campo no esporte coletivo: a chave das evidências para os modelos de cargas concentradas?**

As considerações anteriores sobre os fenômenos de *overreaching*, efeito rebote e EPDT, adicionadas aos achados de vários estudos sobre a intensificação deliberada ou não do treinamento, podem contribuir com um entendimento maior dos efeitos decorrentes das cargas concentradas e, por consequência, oferecer evidências para a sustentação do modelo.

Por exemplo, tem sido reportado no esporte coletivo que cargas intensas de treinamento com insuficientes períodos de recuperação podem ser as causas do *overreaching* e da síndrome do *overtraining*. Investigações no futebol<sup>26,27</sup> handebol<sup>28</sup> e basquetebol<sup>29</sup> revelaram que a ausência de apropriados períodos de recuperação pode levar a reduções do desempenho na força e a alterações nas funções fisiológicas.

Adicionalmente, Coutts et al<sup>30</sup> examinaram a influência de uma intensificação de treinamento deliberada de seis semanas na força, resistência, potência e nas respostas bioquímicas de jogadores semiprofissionais de rúgbi. Os resultados do estudo revelaram redução dos parâmetros de força, potência e resistência após a intensificação do treinamento, indicando possível estado de *overreaching*, revelando, assim, a importância dos parâmetros de *performance* para o monitoramento regular do processo de adaptação às cargas de treinamento e competição no esporte coletivo.

Em outro estudo com a intensificação deliberada de treinamento com jogadores de rúgbi<sup>31</sup>, os autores também revelaram a sensibilidade do teste de multiestágio para detectar possíveis estados de *overreaching*. Por outro lado, em contraste, somente um dos vários parâmetros bioquí-

micos utilizados (razão glutamina-glutamato) apresentou diferenças significantes entre o grupo de jogadores submetidos à intensificação do treinamento e o grupo controle.

No basquetebol, um grupo de jogadores adultos de alto rendimento foi submetido à intensificação deliberada do treinamento, a fim de que se observassem as respostas de determinados testes de campo a essa organização, particularmente em relação à sensibilidade destes para detectar possíveis estados de *overreaching* decorrentes da concentração de cargas de força, na primeira etapa da periodização<sup>32</sup>. Nesse estudo os participantes foram divididos em dois grupos. O grupo sem etapa de intensificação, considerado controle (treinamento normal – TN), e um grupo com etapa de intensificação do treinamento (TI). A investigação ocorreu no início do processo de treinamento do macrociclo. O grupo TI completou seis semanas de etapa de intensificação, buscando o *overreaching* funcional. Nesse estudo, recorreu-se às cargas concentradas de força aplicadas ao basquetebol<sup>18</sup> para a intensificação do treinamento, diferentemente da estratégia adotada nos estudo de Coutts et al<sup>31,33</sup> nos quais o volume de treinamento foi incrementado.

Os achados do estudo de Moreira<sup>32</sup> demonstraram que testes distintos de desempenho podem apresentar certa heterocronia (diferença temporal de resposta adaptativa) e sensibilidade decorrente da intensificação do processo de treinamento. Os testes de natureza “explosiva”, realizados por meio de ações rápidas, dependentes, possivelmente, de alta produção de potência, da taxa de aplicação de força, e utilizados na investigação para monitorar alterações relacionadas ao desempenho neuromuscular dos membros inferiores, não se mostraram sensíveis à intensificação do treinamento, não revelando, portanto, o esperado decréscimo no rendimento durante as semanas de intensificação.

Esse aspecto revela a necessidade de se investigar a intensificação do treinamento (*overreaching* intencional/funcional) e suas respostas também a partir da concentração das cargas de força, e não somente por meio da manipulação do volume de treinamento, podendo, dessa forma, avançar o conhecimento relativo às respostas dos atletas de esportes coletivos no modelo de treinamento em bloco.

### **Problemas relacionados às cargas concentradas no esporte coletivo e modelos alternativos**

Um dos problemas relacionados com o processo de preparação esportiva no âmbito da planificação, seja adotando os conceitos do modelo tradicional de periodização do treinamento, seja no enfoque baseado na concentração de cargas de diferentes finalidades, sem dúvida, é o tempo reduzido destinado à preparação em função do calendário esportivo. Nesse sentido, Gomes<sup>22</sup> preconizou o modelo de cargas seletivas com o objetivo de atender ao calendário dos esportes coletivos, em especial, o futebol.

O autor justifica a utilização desse modelo em virtude de o futebol não apresentar um período suficiente para uma boa preparação dos atletas antes do início dos jogos oficiais. Gomes<sup>22</sup> justifica que o período competitivo no futebol varia de 8 a 10 meses no ano, com uma quantidade de 75 a 85 jogos na temporada; em função desse cenário, para o autor, não seria possível organizar a carga de treinamento a partir dos conceitos do modelo “clássico” de periodização. Uma característica peculiar do modelo proposto é a manutenção do volume de treinamento ao longo de toda a temporada (pequena oscilação), alternando as capacidades e, conseqüentemente, tarefas desenvolvidas a cada mês (mesociclo) da preparação.

Essa oscilação reduzida do volume de treinamento durante o macrociclo pode, segundo o autor, induzir a uma tendência de melhora da forma esportiva durante toda a etapa, com ligeira redução na fase de pré-temporada, do segundo macrociclo, em razão de uma pequena redução do volume no início dessa segunda etapa competitiva.

De acordo com os conceitos do sistema de cargas seletivas, determinadas orientações (finalidades) de cargas devem ter em cada instante da preparação um “peso” maior sobre as demais, e, ao longo da preparação, a importância de utilização das diferentes orientações de cargas vai se modificando. O sistema de cargas seletivas, assim como o sistema de cargas concentradas (bloco), tem como alvo principal o aperfeiçoamento das capacidades de velocidade. Gomes<sup>22</sup> apresenta um ciclo anual de 52 semanas, dividido em duas etapas, caracterizando dessa forma uma periodização dupla (bicíclica), com duração de 26 semanas cada.

O treinamento da força no contexto do modelo de cargas seletivas deve estar baseado nos movimentos velozes com prioridade nos trabalhos de força rápida na maior quantidade de sessões possíveis; o treinamento com pesos deve ter uma ação de fortalecimento muscular complementar.

Nesse sentido, Moreira et al<sup>34</sup>, investigando a possibilidade de aplicação do modelo de cargas seletivas no basquetebol, iniciaram a programação com predominância do treinamento com pesos, passando gradativamente à utilização de um maior volume dos exercícios de ação muscular reversível (pliométricos), de baixa para alta intensidade. O treinamento de força, desse modo, buscou utilizar as tarefas que propiciavam a realização dos movimentos rápidos, como os multissaltos, corrida com tração, entre outros. As cargas de alta intensidade metabólica e as competitivas foram, nesse primeiro momento, utilizadas em menor volume e tiveram caráter complementar. A velocidade e aceleração foram desenvolvidas por meio de exercícios de reação, aceleração máxima e de resistência de velocidade, devido à exigência especial do basquetebol. O volume de utilização dos esforços nesses domínios crescia gradativamente. Nesse estudo foram realizadas 51 sessões de treinamento ao longo da investigação. O primeiro momento de coleta de dados foi realizado durante a primeira semana do mesociclo e o segundo momento foi realizado no início da sexta semana de treinamento.

Com relação aos resultados apresentados, foram reportadas melhoras significantes nos indicadores de múltiplas acelerações (teste T adaptado), força (explosiva) de salto vertical com contramovimento, força explosiva de salto vertical sem contramovimento, salto triplo horizontal consecutivo lado direito, salto triplo horizontal consecutivo lado esquerdo e salto horizontal. A despeito da ausência de outro modelo (grupo) de periodização com o objetivo de comparar as respostas, esse estudo revelou a possibilidade de utilização do modelo para o basquetebol pela primeira vez no cenário brasileiro.

Esses achados adicionados aos reportados posteriormente, quando comparamos três modelos distintos de organização da carga de treinamento para o basquetebol, entre eles novamente o modelo de cargas seletivas, sugerem a possibilidade de utilização das cargas seletivas como alternativa ao modelo de treinamento em bloco, especialmente no caso da limitação de tempo apropriado para o desenvolvimento do modelo de concentração de cargas. Nesse estudo<sup>19</sup>, também sugeriu-se um modelo denominado de “complexo”, o qual previa em um primeiro momento a concentração das cargas de força, porém, posteriormente, havia um delineamento que contemplava a carga de treinamento de forma diluída e semelhante à proposta de Gomes<sup>22</sup> para a etapa competitiva.

A despeito de os três modelos se revelarem efetivos, o estudo mostrou que a dinâmica das respostas é distinta, e, portanto, se faz

necessário o conhecimento do efeito da distribuição de cargas no processo de preparação; esse conhecimento, aliado aos objetivos da equipe e calendário esportivo, nortearão o treinador no sentido de se adotar um ou outro modelo de organização do conteúdo do treinamento.

### **Cargas concentradas no esporte coletivo: a multiplicidade de tarefas justifica a não adoção?**

Apesar dos achados e proposições referentes aos modelos alternativos e concepções metodológicas para as diferentes modalidades esportivas, vários conceituados especialistas têm sugerido que os esportes coletivos, por apresentarem múltiplos objetivos, inúmeras e diferentes tarefas e demandas, não seriam apropriadamente contemplados pelos modelos de concentração de cargas unilaterais<sup>15,35</sup>.

Por outro lado, é razoável admitir que a limitação possa ser muito mais relacionada ao tempo disponível para a organização do processo de preparação do que às características peculiares do esporte coletivo. Evidentemente, o conteúdo da preparação, utilizando-se dos conceitos da periodização em bloco, será bastante distinto quando comparado ao conteúdo das modalidades de força-velocidade. Essa tentativa de explorar de forma criativa os conceitos básicos da periodização em bloco para as modalidades esportivas coletivas foi alvo de investigação do nosso grupo, particularmente no basquetebol<sup>18,19,32</sup>.

Por exemplo, em um estudo com jogadores de alto rendimento, participantes do principal campeonato nacional da modalidade, experimentamos dividir o ciclo anual em dois macrociclos com duração de 23 e 19 semanas, respectivamente<sup>18</sup>. Cada macrociclo consistiu em três etapas distintas. A primeira etapa (bloco A) caracterizou-se pela concentração das cargas de força, a segunda etapa (bloco B) foi caracterizada como uma etapa de restituição, com incremento gradativo do volume de exercícios de alta intensidade, e, por fim, a etapa competitiva (bloco C), com duração de 13 semanas. O efeito rebote (EDPT) observado para os testes de campo (indicadores funcionais) adotados na investigação sugere a efetividade do modelo para o esporte coletivo, evidentemente, desde que se tenha tempo suficiente para possibilitar a manifestação do fenômeno. Uma alternativa de estratégia, para as equipes cujo calendário competitivo não comporta tempo apropriado para a realização do treinamento em bloco, pode ser a adoção de modelos semelhantes ao proposto por Gomes<sup>22</sup>.

### **Monitoramento do processo de treinamento nos esportes coletivos**

Em que pese a dificuldade de organização e realização das múltiplas tarefas de treinamento e o monitoramento das condições dos jogadores durante a temporada competitiva, a ausência de uma organização racional e de um rigoroso controle das respostas adaptativas ao longo do processo de preparação pode ser uma ameaça à manutenção do desempenho ótimo e da possibilidade da manifestação de elevados níveis de rendimento.

A preocupação com o nível de rendimento do jogador no esporte coletivo deve ser contemplada por um controle rigoroso de determinados elementos da preparação, desde a condição (estado) do jogador e os fatores que a influenciam, passando pelos efeitos parciais resultantes das diferentes orientações fisiológicas de cargas de treinamento e o seu po-

tencial de treino, até, e fundamentalmente, a análise das adaptações de longo prazo do esportista de alta qualificação.

O desafio na organização dos modelos de periodização do treinamento, tanto no que tange à adoção do modelo clássico de periodização do treinamento, ou àqueles associados à concentração de cargas unidirecionais, ou ainda a outras propostas alternativas, é determinar a relação ideal entre dose e resposta, evidenciando a importância de se buscar o monitoramento sistemático do estresse de treinamento e da *performance*.

Urhausen e Kindermann<sup>36</sup> consideram que o efeito da intensificação do treinamento é de difícil predição, pois as respostas individuais são bastante distintas entre os indivíduos; essas ponderações revelam a necessidade de se buscar alternativas para o monitoramento, na prática, das respostas dos diferentes jogadores em um mesmo grupo, normalmente submetidos a cargas externas semelhantes, independentemente do modelo de periodização adotado.

### Carga interna

Um problema recorrente para os treinadores é determinar a carga de treinamento apropriada para a prescrição durante a fase de competição da temporada esportiva<sup>37</sup>. Alguns fatores como a qualidade do oponente e conseqüentemente o grau de dificuldade da partida, o número de dias de treinamento entre os jogos e ainda as viagens para as partidas disputadas fora de seus domínios (como visitante) podem influenciar e ao mesmo tempo nortear a estruturação do planejamento das cargas de treinamento. Kelly e Coutts<sup>37</sup> sugeriram que esses fatores deveriam ser levados em consideração para direcionar as cargas de treinamento durante a semana (microciclo). No entanto, essa proposta parece ainda não ter sido amplamente investigada.

De todo modo, as respostas perceptuais e métodos de monitoramento da carga de treinamento baseados na percepção do atleta para uma determinada atividade têm sido alvo de consistentes investigações. Essa abordagem possui uma possibilidade de aplicação prática bastante relevante e tem se mostrado um método confiável e válido para tanto. A necessidade de se buscar métodos práticos de monitoramento do treinamento no esporte coletivo é um desafio a ser constantemente perseguido, tanto por técnicos e atletas, quanto por pesquisadores da área. O monitoramento do processo de treinamento deve estar associado a uma medida válida da carga interna<sup>38</sup> notadamente nos esportes coletivos, nos quais a carga externa de treinamento é frequentemente similar para todos os jogadores da equipe, em função da utilização predominante de exercícios e métodos dirigidos ao grupo de atletas como um todo.

Um dos exemplos desses meios e métodos “de grupo” é a ampla utilização dos denominados “jogos reduzidos” nas sessões de treinamento das equipes. O monitoramento do processo de treinamento tem sido mais amplamente realizado a partir da carga externa, ou seja, habitualmente, atletas e treinadores utilizam-se de indicadores externos para controlar e monitorar as sessões e unidades de treinamento. Por exemplo, em se tratando de esportes coletivos, quantifica-se a duração e frequência dos “jogos reduzidos”, do treinamento técnico e tático, relação entre exercícios gerais e específicos, entre outros.

No tocante às sessões de treinamento físico, considera-se a quantidade de trabalho expressa pelo número de saltos, pelas corridas cíclicas ou acíclicas em acelerações com distâncias e intensidades variadas, carga de treinamento nos exercícios com pesos (número de exercícios, séries, repetições e quantidade de peso levantado em quilos). Considera-se também o percentual de trabalho realizado a partir de diferentes métodos de treinamento ao longo da temporada<sup>19</sup>.

Refletindo sobre o binômio carga externa e carga interna, Impellizzeri et al<sup>39</sup> propuseram um modelo teórico baseado na premissa de que as adaptações induzidas pelo treinamento são decorrentes do nível de estresse imposto ao organismo (carga interna de treinamento), o qual, por sua vez, será determinado pelas características individuais e pela qualidade, quantidade e organização das variáveis do treinamento (carga externa de treinamento). Esse modelo também preconiza que as adaptações ao treinamento são dependentes e proporcionais ao estímulo decorrente da carga interna.

Essa utilização de meios e métodos dirigidos ao grupo de jogadores e sua associação com respostas individuais à carga externa também foi abordada em um estudo de Hoff et al<sup>40</sup>, no qual os autores reportaram que os jogadores de futebol com maior consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) tinham a tendência de se exercitar em percentagens inferiores dessa variável, quando comparados aos seus pares com valores de  $VO_{2máx}$  inferiores.

Esses achados sugerem que essa abordagem metodológica (jogos reduzidos ou métodos similares) pode não oferecer estímulo suficiente para adaptações fisiológicas para alguns jogadores, particularmente aqueles cujo estado de treinabilidade é mais elevado, o que indicaria que os métodos de treinamento “em grupos” devem prever a utilização de indicadores de carga interna, objetivando os ajustes necessários na magnitude do estímulo e, portanto, a utilização eficaz da carga de treinamento, tanto no que tange à sua finalidade (direção), quanto no que concerne à sua magnitude.

A partir dessas considerações é pertinente assumir que o estímulo para as adaptações decorrentes do treinamento está relacionado ao estresse fisiológico (carga interna) imposto aos atletas pela carga externa<sup>41</sup>. Mesmo considerando que a carga externa seja o principal fator determinante da carga interna, sendo, portanto, fundamental para o monitoramento do processo de treinamento, outros fatores como nível de treinabilidade e potencial genético podem influenciar a carga interna imposta ao indivíduo e, conseqüentemente, modular a resposta.

Uma vez que a carga externa de treinamento é a variável mais comumente controlada<sup>39</sup>, o monitoramento da carga interna de treinamento torna-se vital para o sucesso do processo, sendo que esta pode ser mensurada de diferentes formas.

Diversos parâmetros podem ser utilizados para avaliar a carga interna, como, por exemplo, o perfil hormonal (cortisol, testosterona, hormônio de crescimento (GH), etc.), a concentração de metabólitos (lactato e amônia), o comportamento da frequência cardíaca e a percepção subjetiva do esforço (PSE). Vários desses parâmetros têm sido objetos de estudo nos jogadores de esportes coletivos, buscando maior compreensão dos efeitos das cargas de diferentes naturezas e orientações.

Por exemplo, pesquisadores buscaram comparar as respostas hormonais de sessões de treinamento ou exercícios realizados em situações laboratoriais com jogos oficiais em diferentes modalidades esportivas coletivas. Nesse sentido, Filaire et al<sup>42</sup> demonstraram que a atividade competitiva induzia a maiores incrementos na resposta hormonal do que os exercícios realizados em laboratório, em jogadores de elite de handebol e voleibol do sexo feminino.

Elloumi et al<sup>43</sup> corroboraram esses achados, revelando incrementos significativamente superiores do cortisol após um jogo de rúgbi do que após uma atividade extenuante realizada no laboratório. Esses resultados sugerem que as cargas competitivas induzem a maior magnitude de estresse, provavelmente decorrente de uma maior demanda fisiológica e psicológica do que as sessões de treinamento, o que indicaria a neces-

sidade de se levar em consideração não somente a demanda metabólica da atividade, mas também a natureza desta.

Adicionalmente, outros estudos têm revelado uma grande variabilidade de respostas individuais a uma mesma carga externa, para diferentes parâmetros e delineamentos no esporte coletivo. Moreira et al<sup>44</sup>, investigando a resposta do cortisol salivar a uma modelação da atividade competitiva, não encontraram diferenças significantes quando comparados os momentos pré e pós-simulação. Entretanto, nesse estudo, os valores individuais são apresentados e demonstram que alguns jogadores tiveram incrementos consideráveis, revelando a necessidade de se monitorar individualmente a carga interna no esporte coletivo.

Em outra investigação com jogadores profissionais de futebol, utilizando-se a imunoglobulina salivar A como parâmetro, também emergiu a grande variabilidade intragrupo<sup>45</sup>. No estudo, é possível observar, por exemplo, que 12 dos 24 jogadores investigados apresentaram incrementos nos valores da taxa de secreção da imunoglobulina salivar A, ao passo que 10 jogadores revelaram queda para o parâmetro.

Esses achados corroboram as afirmações de que, dentro de um mesmo grupo, diferentes respostas fisiológicas podem ser verificadas em face de uma mesma carga externa, nesse caso, para um marcador da imunidade da mucosa. É possível especular que esses indivíduos que revelaram queda para tal marcador poderiam estar, naquele momento, mais suscetíveis a infecções do trato respiratório superior do que seus pares que apresentaram resposta inversa, o que sugeriria uma abordagem distinta de procedimentos e aplicação de carga de treinamento, a fim de preservar a imunidade desses jogadores e consequentemente minimizar a chance de episódios de infecções banais.

O monitoramento das variáveis hormonais e imunes, apesar de prover um bom diagnóstico para avaliação do estresse imposto por sessões de treinamento, demanda um alto custo e grande quantidade de tempo despendido no laboratório para as coletas. Essas limitações têm implicações importantes para o controle do treinamento no dia a dia, para treinadores e atletas, assim, a utilização dos métodos baseados na percepção dos esportistas em relação ao conteúdo de treinamento, entendida como conceito de carga interna, torna-se fundamental para o monitoramento do processo.

Historicamente, as variáveis “volume” e “intensidade” têm norteado a estruturação do treinamento e as divisões dos ciclos de preparação durante a temporada nos esportes coletivos. Enquanto o volume de treinamento é relativamente fácil de quantificar, a intensidade ainda é objeto de discussão. A PSE da sessão emerge como um instrumento bastante útil para tal monitoramento. Os benefícios da utilização da PSE da sessão incluem a possibilidade de os treinadores avaliarem e compararem o estresse de treinamento durante cada componente do treinamento<sup>46</sup>. O monitoramento das adaptações decorrentes do processo de treinamento de forma individualizada, assim como da efetividade das estratégias de periodização, também pode ser realizado<sup>47,48</sup>.

Wallace et al<sup>46</sup> exemplificam essa possibilidade, sugerindo que, para uma carga externa predeterminada, um incremento da PSE da sessão poderia ser um indicador do incremento da fadiga ou diminuição do nível da capacidade de trabalho do atleta. Por outro lado, uma redução na PSE da sessão para a mesma carga predeterminada poderia indicar adaptação ao treinamento. Esse procedimento, por sua vez, poderia “guiar” o treinador no sentido da organização da magnitude das cargas de treinamento ao longo da preparação e, adicionalmente, poderia ser utilizado para o entendimento e interpretação das respostas de adaptação decorrentes das diferentes etapas de periodização do treinamento, como os períodos de intensificação do treinamento e os de redução.

A validade da PSE da sessão foi investigada em algumas modalidades acíclicas e coletivas, merecendo destaque o futebol<sup>48-50</sup>. Ao se analisar os diversos tipos de treinamento realizados pelos jogadores (físicos e técnicos), mais os esforços em jogos oficiais, foram encontradas fortes correlações entre o método da PSE da sessão e os TRIMPs pelos métodos de frequência cardíaca [FC] ( $r = 0,83-0,85$ ) comparáveis às de modalidades cíclicas e aeróbias<sup>49</sup>. No entanto, ao se separar as análises por métodos de treinamento, observaram-se correlações ligeiramente mais fracas, tanto para exercícios de natureza aeróbia ( $r = 0,60-0,79$ ), quanto de velocidade ( $r = 0,61-0,79$ ) e treinos técnicos ( $r = 0,68-0,82$ ). Para os jogos ( $r = 0,49-0,64$ ) e sessões de treinamento de força ( $r = 0,25-0,52$ ), as correlações foram ainda mais fracas. Estes achados indicam que para as atividades intermitentes, as cargas de treinamento calculadas a partir das respostas perceptuais e cardiovasculares não se relacionam fortemente. Isso não significa, necessariamente, que a PSE da sessão não seja válida nessas condições, mas sim que o critério adotado com base na FC pode não refletir, fielmente, a carga interna quando as sessões de treinamento envolvem esforços estocásticos e de alta intensidade.

Outros estudos utilizando a PSE da sessão também revelaram a sua confiabilidade e ampla possibilidade de utilização. Coutts et al<sup>30</sup>, por exemplo, monitoraram seis semanas de treinamento, com 5 a 7 sessões de treinamento físico por semana de jogadores de rúgbi semiprofissionais australianos. Além dos testes bioquímicos, funcionais e de *performance*, foi utilizada a PSE da sessão a fim de comparar o esforço percebido do grupo cujo modelo previa a intensificação do treinamento e o grupo controle. O grupo que intensificou o treinamento, ou seja, aquele do *overreaching* intencional apresentou valores significativamente maiores de PSE do que o grupo controle (treinamento normal) em todas as semanas do experimento, exceto na sétima semana, que previa redução e equiparação da carga de treinamento para ambos os grupos. Em outro estudo<sup>31</sup> com a mesma população os resultados foram bastante semelhantes, revelando a sensibilidade da PSE da sessão no monitoramento do processo e sua utilidade prática para controle da periodização do treinamento.

Além do rúgbi e do futebol, outros esportes coletivos também foram objeto de investigação com a PSE da sessão. Foster et al<sup>48</sup> e Manzi et al<sup>51</sup> demonstraram a validade do método da PSE da sessão para o monitoramento da carga interna para jogadores do *college* e profissionais de basquetebol, respectivamente. Manzi et al<sup>51</sup> investigaram oito jogadores profissionais de basquetebol e verificaram correlações significantes entre a carga de treinamento derivada da PSE da sessão e a resposta individual da frequência cardíaca ( $r = 0,69$  a  $0,85$ ;  $P < 0,001$ ).

Moreira et al<sup>52</sup> por sua vez, investigaram jovens jogadores de basquetebol e voleibol durante seis semanas, em 60 sessões de treinamento. Em cada unidade de treinamento (dia), os jogadores realizavam em média duas sessões. Durante o experimento, os atletas participaram de seis jogos oficiais, pelo campeonato estadual, em cada uma das modalidades. Em cada sessão, era utilizada a percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE da sessão) e, ao final da semana, os atletas preenchiam o *daily analysis of life demands in athletes* (DALDA)<sup>53</sup> para o monitoramento do estresse percebido (tolerância ao estresse). Os atletas realizavam o preenchimento da PSE da sessão e do DALDA de maneira individual.

Os resultados do estudo revelaram uma interessante congruência entre a carga interna e a tolerância ao estresse. Nas duas primeiras semanas, a carga de treinamento foi significativamente superior à das demais semanas da investigação; nesse mesmo período, foi reportado um número superior e significativo de respostas “pior do que o normal” no questionário DALDA, revelando o impacto da carga de treinamento na tolerância ao estresse.



Nas semanas subsequentes, com a redução da carga de treinamento, houve diminuição dos sintomas de adaptação negativa aos estresses, evidenciados pelo aumento do número de respostas “normal” dos diversos itens da parte B do DALDA (sintomas de estresse). Os resultados obtidos corroboram a hipótese inicial do estudo, reforçando os postulados de vários autores que consideram de fundamental importância o monitoramento do estresse percebido no esporte<sup>54</sup>.

Nesse sentido, Lehman et al<sup>55</sup> sugerem que as diferenças individuais na capacidade de recuperação e na tolerância ao estresse podem explicar, pelo menos em parte, os diferentes tipos de respostas apresentados por atletas submetidos a cargas externas semelhantes. Em uma perspectiva prática, esse aspecto precisa ser considerado, pois sugere que dentro de um grupo de atletas uma mesma carga externa pode ser percebida e assimilada com diferentes magnitudes.

Esses achados e considerações sinalizam para a eficácia e efetividade da utilização da PSE da sessão como forma de monitorar apropriadamente as exigências e demandas das sessões, microciclos, mesociclos e macrociclos de treinamento nos esportes coletivos. A carga interna revelada pelos valores de PSE da sessão pode oferecer suporte fundamental no sentido da organização e reorganização da carga de treinamento por parte dos treinadores. Desse modo, é possível acompanhar, por meio de instrumento de fácil acesso, útil e prático, as respostas decorrentes das diferentes estruturas de periodização do treinamento, independentemente da estratégia ou modelo utilizado.

## Recomendações finais

O monitoramento das respostas individuais de adaptação, agudas ou crônicas, é fundamental para a análise da eficácia do modelo em um enfoque complexo, que está longe de ser linear e, por isso, depende da observação e análise sistemática dos efeitos das cargas de treinamento e competição. Vários autores têm apontado para sensibilidade de testes de campo para o monitoramento do processo<sup>19,31-33,56,57</sup>.

Assim, a utilização em conjunto da PSE da sessão com testes de campo com rigor e procedimentos metodológicos apropriados emerge como uma estratégia fidedigna e necessária para tal acompanhamento, e possivelmente reflita não somente a carga de treinamento, mas a estrutura de periodização e outros fatores estressantes inerentes.

Nesse cenário de análise, considerações acerca de achados de estudos com esporte coletivo, propostas e especulações a respeito da planificação e monitoramento do treinamento esportivo, vale ressaltar a necessidade de uma maior discussão e abordagem acadêmica, com perspectiva real de aplicação prática decorrente do entendimento de que a relação dos diversos fatores envolvidos no treinamento esportivo é um problema dinâmico não linear.

Constantes variações entre esses fatores podem criar um sistema oscilatório<sup>58</sup>, sugerindo que a utilização da teoria do caos com a finalidade de se buscar identificar os fatores atraentes-chaves e suas relações no sistema poderia auxiliar no avanço do nosso conhecimento no que concerne às respostas individuais e grupais. Adicionalmente, um olhar não linear, com a ótica dos sistemas complexos, aceitando que o comportamento é, sim, caótico e de interconexão de processos, poderia também nos auxiliar na compreensão e determinação da estrutura e lógica interna do esporte<sup>59</sup>.

Contudo, essa forma de afrontar o esporte, globalizante, reflexiva, dinâmica e participativa, como propõem García-Manso et al<sup>59</sup>, parece reforçar a necessidade de se investigar o esporte, e mais especificamente

a planificação e as respostas decorrentes desta, dentro do contexto real, respeitando a identidade do esporte específico.

As considerações acerca das respostas aos diferentes conteúdos de treinamento, e particularmente dos delineamentos experimentais expostos no presente artigo, estão longe de sugerir uma ideia de relação linear entre o que se sucedia no treinamento e as respostas decorrentes, mas, por outro lado, reforçam a necessidade da busca do entendimento do *input-process-output*, porém, com o pressuposto de que o sistema é complexo e dinâmico.

O treinamento esportivo, na ausência de um modelo norteador de organização do conteúdo, contemplado por um monitoramento sistemático da resposta individual à relação “entrada-processo”, pode levar o treinador à impossibilidade de gerir apropriadamente o sistema, exatamente por conta da característica dinâmica e não linear do fenômeno.

Portanto, há a evidente necessidade de continuarmos a buscar com maior rigorosidade e validade ecológica as tecnologias procedimentais para a implementação e para o monitoramento do processo de organização do treinamento por meio de diferentes modelos de periodização do treinamento, que passa, invariavelmente, por um avanço no entendimento das respostas geradas por esses modelos, assim como por uma compreensão maior dos fatores que levam a essas respostas diferenciadas dentro de um grupo de esportistas submetidos a um dado modelo. Para tanto, é desejável a adoção de indicadores válidos, confiáveis, práticos e úteis, que auxiliem na eficácia dessa abordagem.

## Agradecimentos

Agradeço à FAPESP pelo auxílio financeiro (linha de fomento, auxílio a pesquisa, projeto de pesquisa regular processo 2008/10404-3), e faço um agradecimento especial ao Prof. Dr. Emerson Franchini, do Departamento de Esporte, da Escola de Educação Física e Esporte, da Universidade de São Paulo, pela valiosa colaboração no que diz respeito à revisão do presente texto, pelos comentários e sugestões, assim como pelo apoio durante toda a preparação do artigo.

## RESUMO

### A periodização do treinamento e as questões emergentes: o caso do esporte coletivo

A periodização clássica do treinamento, estabelecidas há décadas, ainda se mantém vigente, no entanto, recentemente, abordagens alternativas ao delineamento do processo de treinamento têm sido sugeridas e investigadas. O esporte coletivo necessita de uma abordagem particular com perspectivas diferentes e específicas. Neste sentido, faz-se necessário considerar e discutir algumas questões emergentes relativas à periodização do treinamento como um todo e, particularmente, algumas nuances pertinentes ao esporte coletivo, entre elas: a produção científico-acadêmica, os modelos alternativos de periodização, os estudos no esporte coletivo com delineamento de *overreaching*, cargas concentradas e a utilização de testes de campo e indicadores perceptuais para o monitoramento do processo de treinamento.

#### Palavras-chave:

Monitoramento.  
Treinamento esportivo.  
Periodização.  
Esporte.

## Bibliografia

1. Matveev L. Teoría general del entrenamiento deportivo. Barcelona: Paidotribo; 2001.

2. Fleck SJ. Periodized strength training: a critical review. *J Strength Cond Res.* 1999;13(1):82-9.
3. Fry AC, Morton AR, Keast D. Periodization of training stress - a review. *Can J Sport Sci.* 1992;17(3):234-40.
4. Fry AC, Morton AR, Keast D. Periodization and the prevention of overtraining. *Can J Sport Sci.* 1992;17(3):241-8.
5. Issurin V. Block periodization versus traditional training theory: a review. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008;48(1):65-75.
6. Plisk SS, Stone MH. Periodization strategies. *Strength Cond J.* 2003;25(6):19-37.
7. Siff MC, Verkhoshansky Y. Superentrenamiento. Barcelona: Paidotribo; 2000.
8. Stone MH. Periodization: effects of manipulating volume and intensity. Part 1. *Strength Cond J.* 1999;21(2):56-62.
9. Stone MH. Periodization: effects of manipulating volume and intensity. Part 2. *Strength Cond J.* 1999;21(3):54-60.
10. O'Bryant HS. Roundtable discussion: periodization of training - Part 1. *Strength Cond J.* 2004;26(1):53.
11. Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med.* 2010;40(3):189-206.
12. Haff GG. Roundtable discussion: periodization of training - Part 1. *Strength Cond J.* 2004;26(1):50-9.
13. Haff GG. Roundtable discussion: periodization of training - Part 2. *Strength Cond J.* 2004;26(2):56-70.
14. Stone MH, Sands WA, Stone ME. The Downfall of Sports Science in the United States. *Strength Cond J.* 2004;26(2):72-5.
15. Platonov VN. Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico. Barcelona: Paidotribo; 2001.
16. Verkhoshansky Y, Lazarev VV. Principles of planning speed and strength/speed endurance training in sports. *NSCA J.* 1989;11(2):58-61.
17. Verkhoshansky Y. Entrenamiento deportivo: planificación y programación. Barcelona: Martínez Roca; 1990.
18. Moreira A, Oliveira PR, Okano AH, de Souza M, de Arruda M. Dynamics of power measures alterations and the posterior long-lasting training effect on basketball players submitted to the block training system. *Rev Bras Medicina Esporte.* 2004;10(4):251-7.
19. Moreira A, Oliveira PR, Ronque ERV, Okano AH, de Souza M. Análise de diferentes modelos de estruturação da carga de treinamento e competição no desempenho de basquetebolistas no YO-YO intermittent endurance test. *Rev Bras Ciências Esporte.* 2008;29(2):165-83.
20. García-Pallares J, García-Fernández M, Sánchez-Medina L, Izquierdo M. Performance changes in world-class kayakers following two different training periodization models. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(1):99-107.
21. Nederhof E, Zwerver J, Brink M, Meeusen R, Lemmink K. Different diagnostic tools in nonfunctional overreaching. *Int J Sports Med.* 2008;29(7):590-7.
22. Gomes AC. Treinamento desportivo: estruturação e periodização. Porto Alegre: Artmed; 2002.
23. Oliveira PR. O efeito posterior duradouro de treinamento (EPDT) das cargas concentradas de força no voleibol. [Doutorado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 1998.
24. García-Manso JM, Navarro-Valdivielso M, Ruiz-Caballero JA. Planificación del entrenamiento deportivo. Madrid: Gymnos; 1996.
25. Fry AC, Kraemer WJ, van Borselen F, Lynch JM, Marsit JL, Roy EP, et al. Performance decrements with high-intensity resistance exercise overtraining. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(9):1165-73.
26. Kraemer WJ, French DN, Paxton NJ, Hakkinen K, Volek JS, Sebastianelli WJ, et al. Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *J Strength Cond Res.* 2004;18(1):121-8.
27. Naessens G, Chandler TJ, Ben Kibler W, Driessens M. Clinical usefulness of nocturnal urinary noradrenaline excretion patterns in the follow-up of training processes in high-level soccer players. *J Strength Cond Res.* 2000;14:125-31.
28. Gorostiaga EM, Izquierdo M, Iturralde P, Ruesta M, Ibáñez J. Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999;80(5):485-93.
29. Hoffman JR, Epstein S, Yarom Y, Zigel L, Einbinder M. Hormonal and Biochemical Changes in Elite Basketball Players During a 4-Week Training Camp. *J Strength Cond Res.* 1999;13(3):280-5.
30. Coutts A, Reaburn P, Piva TJ, Murphy A. Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *Int J Sports Med.* 2007;28(2):116-24.
31. Coutts AJ, Reaburn P, Piva TJ, Rowsell GJ. Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99(3):313-24.
32. Moreira A. Testes de campo para monitorar desempenho, fadiga e recuperação em basquetebolistas de alto rendimento. *Rev Educação Física/UEM.* 2008;19(2):241-50.
33. Coutts AJ, Slattery KM, Wallace LK. Practical tests for monitoring performance, fatigue and recovery in triathletes. *J Sci Med Sport.* 2007;10(6):372-81.
34. Moreira A, Okano AH, de Souza M, Oliveira PR, Gomes AC. Sistema de cargas seletivas no basquetebol durante um mesociclo de preparação: implicações sobre a velocidade e as diferentes manifestações de força. *Rev Bras Ciência Movimento.* 2005;13(3):7-16.
35. Gamble P. Periodization of training for team sports athletes. *Strength Cond J.* 2006;28(5):56-66.
36. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med.* 2002;32(2):95-102.
37. Kelly V, Coutts AJ. Planning and monitoring training loads during the competition phase in team sports. *Strength Cond J.* 2007;29(4):32-7.
38. Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(7):1164-8.
39. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci.* 2005;23(6):583-92.
40. Hoff J, Wisloff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med.* 2002;36(3):218-21.
41. Viru A, Viru M. Nature of training effects. In: Garrett W, Kirkendall D, editor. *Exercise and Sport Science.* Philadelphia: Lippincott Williams & Williams; 2000. p. 67-95.
42. Filaire E, Le Scann C, Duche P, Lac G. The relationship between salivary adrenocortical hormones changes and personality in elite female athletes during handball and volleyball competition. *Res Q Exerc Sport.* 1999;70(3):297-302.
43. Elloumi M, Maso F, Michaux O, Robert A, Lac G. Behaviour of saliva cortisol [C], testosterone [T] and the T/C ratio during a rugby match and during the post-competition recovery days. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90(1-2):23-8.
44. Moreira A, Arsati F, de Oliveira Lima Arsati YB, da Silva DA, de Araujo VC. Salivary cortisol in top-level professional soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2009;106(1):25-30.
45. Moreira A, Arsati F, Cury PR, Franciscan C, de Oliveira PR, de Araujo VC. Salivary immunoglobulin a response to a match in top-level brazilian soccer players. *J Strength Cond Res.* 2009;23(7):1968-73.
46. Wallace LK, Slattery KM, Coutts AJ. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J Strength Cond Res.* 2009;23(1):33-8.
47. Drust B, Reilly T, Cable NT. Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *J Sports Sci.* 2000;18(11):885-92.
48. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001;15(1):109-15.
49. Alexiou H, Coutts AJ. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008;3(3):320-30.
50. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(6):1042-7.
51. Manzi V, D'Ottavio S, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Chamari K, Castagna C. Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(5):1399-406.
52. Moreira A, Freitas CG, Nakamura FY, Aoki MS. Percepção de esforço da sessão e a tolerância ao estresse em jovens atletas de voleibol e basquetebol. *Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum.* 2010; 12(5):345-51.
53. Rushall BR. A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *J Appl Sport Psychol.* 1990;2:51-66.
54. Kentta G, Hassmen P. Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med.* 1998;26(1):1-16.
55. Lehmann M, Foster C, Keul J. Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(7):854-62.
56. Halson SL, Jeukendrup AE. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* 2004;34(14):967-81.
57. Snyder AC, Kuipers H, Cheng B, Servais R, Franssen E. Overtraining following intensified training with normal muscle glycogen. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(7):1063-70.
58. Jobson SA, Passfield L, Atkinson G, Barton G, Scarf P. The analysis and utilization of cycling training data. *Sports Med.* 2009;39(10):833-44.
59. García-Manso JM, Martín-González JM, Da Silva-Grigoletto ME. Los sistemas complejos y el mundo del deporte. *Rev Andal Med Deporte.* 2010;3(1):13-22.



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