

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 7 Número. 4

Diciembre 2014



RAMD

Originales

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

Findings on sperm alterations and DNA fragmentation, nutritional, hormonal and antioxidant status in an elite triathlete. Case report

Cardiorespiratory responses during deep water running with and without horizontal displacement at different cadences

Consumo de oxigênio durante ciclismo na máxima fase estável de lactato sanguíneo até a exaustão: modelo contínuo vs. intermitente

Revisiones

Patinação de velocidade *in-line*: uma revisão sistemática

Influência da administração de eritropoietina humana recombinante sobre o desempenho físico: estudo de revisão

Caso clínico

Beneficios de un programa de ejercicio multicomponente de baja intensidad y corta duración en la miastenia gravis. A propósito de un caso

ISSN: 1888-7546



Incluida en:



Reconocida por:



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte*

Editor

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

Coeditor

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

Coordinación Editorial

Covadonga López López

Comité Editorial

José Ramón Alvero Cruz
(Universidad de Málaga, España)

Eloy Cárdenas Estrada
(Universidad de Monterrey, México)

José Alberto Duarte
(Universidade do Porto, Portugal)

Russell Foulk
(University of Washington, USA)

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

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

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

Nicola A. Maffiuletti
(Schulthess Klinik, Zúrich, Suiza)

Estélio Henrique Martin Dantas
(Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil)

José Naranjo Orellana
(Universidad Pablo Olavide, España)

Sergio C. Oehninger
(Eastern Virginia Medical School, USA)

Fátima Olea Serrano
(Universidad de Granada, España)

Juan Ribas Serna
(Universidad de Sevilla, España)

Jesús Rodríguez Huertas
(Universidad de Granada, España)

Nick Stergiou
(University of Nebraska, USA)

Carlos de Teresa Galván
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)

Carlos Ugrinowitsch
(Universidade de São Paulo, Brasil)

Comité Científico

Xavier Aguado Jódar
(Universidad de Castilla-La Mancha, España)

Guillermo Álvarez-Rey
(Universidad de Málaga, España)

Natàlia Balagué
(Universidad de Barcelona, España)

Benno Becker Junior
(Universidade Luterana do Brasil, Brasil)

Ciro Brito
(Universidade Católica de Brasília, Brasil)

João Carlos Bouzas
(Universidade Federal de Viçosa, Brasil)

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

Luis Carrasco Páez
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Madalena Costa
(Harvard Medical School, Boston, USA)

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

Moisés de Hoyo Lora
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Miguel del Valle Soto
(Universidad de Oviedo, España)

Benedito Denadai
(Universidade Estadual de Campinas, Brasil)

Elsa Esteban Fernández
(Universidad de Granada, España)

Juan Marcelo Fernández
(Hospital Reina Sofía, España)

Guadalupe Garrido Pastor
(Universidad Politécnica de Madrid, España)

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

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

Mikel Izquierdo
(CEIMD, Gobierno de Navarra, España)

José Carlos Jaenes
(Universidad Pablo Olavide, España)

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

David Jiménez Pavón
(Universidad de Zaragoza, España)

Carlos Lago Peñas
(Universidad de Vigo, España)

Fernando Martín
(Universidad de Valencia, España)

Italo Monetti
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)

Alexandre Moreira
(Universidade de São Paulo, Brasil)

Elisa Muñoz Gomariz
(Hospital Universitario Reina Sofía, España)

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

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

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

Manuel Rosety Plaza
(Universidad de Cádiz, España)

Carlos Ruiz Cosano
(Universidad de Granada, España)

Jonatan Ruiz Ruiz
(Universidad de Granada, España)

Borja Sañudo Corrales
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Diana Vaamonde Martín
(Universidad de Córdoba, España)

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

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



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

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

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

Disponible en internet: www.elsevier.es/RAMD

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

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

Correo electrónico:
ramd.ccd@juntadeandalucia.es

Impreso en España

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

*Centro Andaluz de Medicina del Deporte



Dirección

Leocricia Jiménez López

Coordinación

Salvador Espinosa Soler

Asesoría de Documentación

Clemente Rodríguez Sorroche

© Copyright 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía

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, S.L.U., a los efectos previstos en el artículo 32.1 párrafo segundo del vigente TRLPI, se opone de forma expresa al uso parcial o total de las páginas de REVISTA ANDALUZA DE MEDICINA DEL DEPORTE con el propósito de elaborar resúmenes de prensa con fines comerciales.

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

Ni Elsevier ni la Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía tendrán responsabilidad alguna por las lesiones y/o daños sobre personas o bienes que sean el resultado de presuntas declaraciones difamatorias, violaciones de derechos de propiedad intelectual, industrial o privacidad, responsabilidad por producto o negligencia. Tampoco asumirán responsabilidad alguna por la aplicación o utilización de los métodos, productos, instrucciones o ideas descritos en el presente material. En particular, se recomienda realizar una verificación independiente de los diagnósticos y de las dosis farmacológicas.

Aunque el material publicitario se ajusta a los estándares éticos (médicos), su inclusión en esta publicación no constituye garantía ni refrendo alguno de la calidad o valor de dicho producto, ni de las afirmaciones realizadas por su fabricante.

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 7 Número 4

Diciembre 2014

Sumario

Originales

- 137 Composición corporal en escolares de primaria y su relación con el hábito nutricional y la práctica reglada de actividad deportiva
F.J. Alonso, M.D. Carranza, J.D. Rueda y J. Naranjo
- 143 Findings on sperm alterations and DNA fragmentation, nutritional, hormonal and antioxidant status in an elite triathlete. Case report
D. Vaamonde, M.E. Da Silva-Grigoletto, J.M. Fernandez, C. Algar-Santacruz y J.M. García-Manso
- 149 Cardiorespiratory responses during deep water running with and without horizontal displacement at different cadences
A.C. Kanitz, G.V. Liedtke, S.S. Pinto, C.L. Alberton y L.F.M. Krueel
- 155 Consumo de oxigênio durante ciclismo na máxima fase estável de lactato sanguíneo até a exaustão: modelo contínuo vs. intermitente
T. Grossl, L.F. Barbosa, R.D. de Lucas e L.G.A. Guglielmo

Revisiones

- 162 Patinação de velocidade *in-line*: uma revisão sistemática
T. Piucco, S.G. dos Santos e R.D. de Lucas
- 170 Influência da administração de eritropoietina humana recombinante sobre o desempenho físico: estudo de revisão
P.C. Caetano Júnior, T.S. Cunha, L.C. Lemes, S.R. Ribeiro e W. Ribeiro

Caso clínico

- 178 Beneficios de un programa de ejercicio multicomponente de baja intensidad y corta duración en la miastenia gravis. A propósito de un caso
B. Fernández-Santos y J. de D. Beas-Jiménez

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 7 Number 4

December 2014

Contents

Original Articles

- 173 Body composition in elementary school and its relationship with nutritional habits and formal practice sports activity
F.J. Alonso, M.D. Carranza, J.D. Rueda and J. Naranjo
- 143 Findings on sperm alterations and DNA fragmentation, nutritional, hormonal and antioxidant status in an elite triathlete. Case report
D. Vaamonde, M.E. Da Silva-Grigoletto, J.M. Fernandez, C. Algar-Santacruz and J.M. García-Manso
- 149 Cardiorespiratory responses during deep water running with and without horizontal displacement at different cadences
A.C. Kanitz, G.V. Liedtke, S.S. Pinto, C.L. Alberton and L.F.M. Kruel
- 155 Oxygen uptake during cycling at maximal lactate steady state to exhaustion: Continuous vs. intermittent model
T. Grossl, L.F. Barbosa, R.D. de Lucas and L.G.A. Guglielmo

Review Articles

- 162 In-line speed skating: A systematic review
T. Piucco, S.G. dos Santos and R.D. de Lucas
- 170 Effects of administration of human recombinant erythropoietin on physical performance: Study review
P.C. Caetano Júnior, T.S. Cunha, L.C. Lemes, S.R. Ribeiro and W. Ribeiro

Clinical Case

- 178 Benefits of an exercise program multi-component of low intensity and short duration in myasthenia gravis. Case study
B. Fernández-Santos and J. de D. Beas-Jiménez



Original

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



F.J. Alonso^{a,*}, M.D. Carranza^a, J.D. Rueda^b y J. Naranjo^c

^a Centro Andaluz de Medicina del Deporte, Sevilla, España

^b Colegio Purísima Concepción, La Algaba, Sevilla, España

^c Departamento de Deporte e Informática, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 31 de julio de 2014

Aceptado el 4 de agosto de 2014

Palabras clave:

Sobrepeso

Obesidad

Alimentación

Actividad física

Niños

R E S U M E N

Objetivos: Presentar las relaciones encontradas en el primer año del estudio longitudinal de 6 años de duración entre la composición corporal, frecuencia de consumo de alimentos, nivel de actividad física y prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños y niñas de 6 años.

Método: Mensualmente se midió el peso y la talla, se calculó el índice de masa corporal (IMC) y se pasó un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos mediante el test Kidmed de adherencia a la dieta mediterránea y el cuestionario PAQ-C de actividad física.

A partir de los datos de IMC se obtuvieron los valores correspondientes a la ecuación de regresión de Cole y los percentiles según las tablas del CDC de Atlanta y de la Fundación Orbeago. Semestralmente se realizó una bioimpedancia monofrecuencia (BIA), cineantropometría completa y medición del gasto energético durante 2 días consecutivos con un calorímetro ArmBand.

Resultados: Los principales hallazgos de este primer año son los siguientes: los datos obtenidos por BIA y por cineantropometría muestran una buena correlación, los datos del cuestionario Kidmed no muestran correlación con los datos antropométricos ni con el IMC, los datos del PAQ-C y la calorimetría muestran un mayor nivel de actividad en niños que en niñas incluso al corregirlo por la masa corporal total.

Conclusiones: Las diferencias entre los 3 criterios de diagnóstico de obesidad son patentes, de forma que nuestros datos globales de sobrepeso oscilarían entre el 29 y el 44,9% para los niños o entre el 20,3 y el 32,4% para las niñas, según el criterio utilizado.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Body composition in elementary school and its relationship with nutritional habits and formal practice sports activity

A B S T R A C T

Objectives: To present the results of a longitudinal study of six years with a group of children throughout the primary stage of education based on the relationships between body composition, frequency of food consumption, level of physical activity and the prevalence of overweight and obesity in 6 year-old children.

Method: Monthly weight and height were measured, body mass index (BMI) was calculated and two questionnaires were administered: The Kidmed questionnaire of adherence to the Mediterranean diet for the frequency of food consumption, and the PAQ -C questionnaire for physical activity.

Data corresponding to the regression equation of Cole and percentiles according to the tables of CDC Atlanta and the Foundation Orbeago values were obtained from the BMI. Twice a year, a single frequency bioelectrical impedance (BIA) and a full kinanthropometry were assessed and measurement of energy expenditure was conducted over two consecutive days with an ArmBand calorimeter.

Keywords:

Overweight

Obesity

Nutrition

Physical activity

Children

* Autor para correspondencia.

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

Results: The main findings of this first year are as follows: Data obtained by BIA and kinanthropometry show a good correlation. The questionnaire data shows that KIDMED does not correlate with anthropometric data or BMI. Data from the PAQ- C and calorimetry show a higher level of activity in boys than in girls even when adjusted to the total body mass.

Conclusions: The differences between the three diagnostic criteria of obesity are obvious, so that our global data overweight range between 29 and 44.9% for boys and between 20.3 and 32.4% for girls, depending on the criteria used.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

R E S U M O

Palavras-chave:
Excesso de peso
Obesidade
Alimentação
Atividade física
Crianças

Objetivos: Apresentar as relações encontradas no primeiro ano do estudo longitudinal de 6 anos de duração entre a composição corporal, frequência de consumo de alimentos, nível de atividade física e prevalência de sobrepeso e obesidade em meninos e meninas de 6 anos.

Método: O peso e a altura foram medidos mensalmente, calculando o índice de massa corporal (IMC) e passou-se um questionário de frequência de consumo de alimentos mediante o teste Kidmed de adesão a dieta mediterrânea e o questionário PAQ-C de atividade física.

A partir dos dados de IMC obtiveram-se os valores correspondentes da ação de regressão de Cole e os percentis segundo as tabelas do CDC de Atlanta e da Fundação Orbezo. Semestralmente foram realizadas biopedância monofrequência (BIA), cineantropometria completa e medição do gasto energético durante 2 dias consecutivos com um calorímetro ArmBand.

Resultados: Os principais achados desse primeiro ano foram os seguintes: os dados obtidos por BIA e por cineantropometria mostram uma boa correlação, os dados do questionário Kimed não mostram correlação com os dados antropométricos nem com o IMC, os dados do PAQ-C e da calorimetria mostram um maior nível de atividade em meninos que em meninas, inclusive depois de corrigido pela massa corporal.

Conclusões: As diferenças entre os 3 critérios de obesidade são notórias, de forma que nossos dados globais de sobrepeso oscilam entre 29 e 44,9% para meninos e entre 20,3 e 32,4% para as meninas, segundo o critério utilizado.

© 2014 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Introducción

La prevalencia de sobrepeso en la infancia y la adolescencia parece ir en aumento y amenaza con reducir seriamente las expectativas de vida. En el año 2010, la Internacional Obesity Task Force (IOTF)¹ recogió datos de estudios en diferentes países que mostraban una clara tendencia al incremento en las cifras de prevalencia y una desigual distribución en el conjunto del mundo con un claro aumento de la incidencia en países industrializados (América y Europa) en comparación con zonas del tercer mundo (África Subsahariana). Según este estudio, en Europa las cifras globales de sobrepeso y obesidad infantil están cercanas al 20%, siendo España uno de los países con las cifras más altas de los de su entorno.

En nuestro país parece darse esta misma tendencia al incremento de las cifras de prevalencia. Así, el estudio PAIDOS realizado en 1984 indicaba una prevalencia de obesidad infantil del 4,9% para ambos sexos entre los 6 y los 12 años² mientras que el estudio EnKid realizado entre los años 1998-2000 arrojaba una prevalencia para la obesidad del 13,9% en la población de 2-24 años y del 26,3% para el sobrepeso³.

La Encuesta Nacional de Salud 2012⁴ refleja una prevalencia de obesidad del 9,6% para niños y niñas entre 2-17 años con unas cifras de sobrepeso del 29% para niños y del 26,5% para niñas. Pero esta encuesta refleja un dato curioso y es que al comparar sus propios datos desde 1987 hasta 2012 no hay cambio alguno en la tasa de obesidad en este rango de edad, que se mantiene bastante constante en torno al 9%. Sin embargo, se observa un incremento global en el sobrepeso de un 5% en el mismo periodo.

El problema principal de los datos ofrecidos por estas encuestas es que se basan en datos declarados por los padres y no registran medidas antropométricas objetivas.

A la hora de poner un poco de orden en todas estas cifras y, muy especialmente, a la hora de realizar comparaciones, nos

encontramos con un problema importante y es que la mayoría de las informaciones no recogen el o los criterios con los que se está diagnosticando la situación de obesidad o de sobrepeso.

Existen diferentes criterios diagnósticos para la obesidad infantil, predominando netamente aquellos basados en determinados puntos de corte en distribuciones de percentiles del IMC. A nivel internacional, por recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se han utilizado desde hace tiempo los percentiles del Centre for Disease Control and Prevention -CDC- de Atlanta⁵, mientras que en población española se utilizan fundamentalmente los de la Fundación Orbezo⁶.

Hace unos años Cole et al.⁷ propusieron otro criterio basado en una ecuación de regresión para extrapolar el IMC correspondiente a los 18 años a la edad del niño.

En este contexto nos encontramos en una encrucijada, fuente de la disparidad de datos que se observa en los diferentes estudios de prevalencia de obesidad infantil. Como quedó demostrado en el estudio EnKid³, la utilización de distintos puntos de corte en la misma población arroja cifras totalmente dispares. En este sentido, resulta muy arriesgado comparar cifras de diferentes estudios, especialmente cuando no se especifican los criterios con los que se realizan los cortes; esta situación es aún peor cuando se hacen comparaciones de datos nacionales con otros internacionales, ya que en ese caso la diferencia de criterios diagnósticos está prácticamente asegurada.

Pero, si no existe un consenso claro para la definición del sobrepeso y la obesidad en edades infantiles y juveniles, con base en parámetros antropométricos de peso, talla e IMC, el problema es mucho mayor cuando las series se basan en parámetros cineantropométricos para predecir la densidad corporal o el porcentaje graso corporal a partir de las múltiples ecuaciones propuestas.

A la problemática de las diferentes ecuaciones y métodos, habría que añadir la derivada de la variabilidad existente entre

examinadores y las variaciones en la intensidad con la que se comprime el pliegue, lo que hace que el uso de esta técnica dependa mucho del examinador y de la población evaluada. Este error disminuye si el examinador está capacitado y se utilizan ecuaciones específicas para la población. En niños el problema se complica aún más, con los procesos de crecimiento y maduración, que influyen de forma cierta en la composición corporal de los mismos.

Dado que el aumento del sobrepeso en la infancia se relaciona de forma generalizada con un descenso en el nivel de actividad física en estas edades y que existe la certeza de que un niño inactivo será, con bastante probabilidad, un adulto inactivo, todas las recomendaciones incluyen invariablemente aumentar el tiempo dedicado al ejercicio físico y a menudo insisten en que este tiempo suponga, dentro de lo posible, un espacio de actividad familiar⁸.

Sin embargo, y a pesar de la gran cantidad de publicaciones existentes sobre el ejercicio físico y la obesidad, apenas hay estudios controlados que aporten evidencia científica acerca de la eficacia de los programas de ejercicio sobre la obesidad en la infancia; y este punto es clave a la hora de establecer unas pautas de prescripción, si no queremos hacer una prescripción empírica y falta de fundamentación.

El principal problema es que la mayor parte de los artículos publicados no reúnen un mínimo de criterios metodológicos serios y adolecen de numerosos defectos metodológicos que hacen imposible la acumulación de evidencia sobre la prescripción de ejercicio y su efecto sobre la obesidad. Ya en 2008 el estudio *Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence (HELENA)* de la Unión Europea⁹ hizo una revisión de la literatura sacando a la luz las principales lagunas metodológicas y proponiendo líneas de investigación. La evidencia científica disponible, aportada por diversos metaanálisis realizados en los últimos años¹⁰⁻¹⁵, resulta bastante negativa y confirma que la literatura sobre obesidad infantil presenta una serie de defectos metodológicos importantes que incluyen, entre otros, no tener en cuenta los hábitos previos de actividad y las diferencias existentes entre niños y niñas, utilizar técnicas de medición y análisis poco fiables y escasamente homogéneas, establecer duraciones muy cortas en las intervenciones o la abundancia de estudios transversales sin apenas estudios longitudinales.

Este artículo contiene los resultados del primer año de un estudio longitudinal a 6 años con una cohorte de niños y niñas durante toda la etapa de educación primaria. El objetivo principal de este trabajo es ofrecer las relaciones encontradas en este primer año entre la composición corporal, frecuencia de consumo de alimentos, nivel de actividad física y prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños y niñas de 6 años.

Método

Presentamos los resultados del primer año (curso escolar 2011-2012) de un estudio longitudinal a 6 años (2011-2016) con una cohorte de 143 niños y niñas durante toda la educación primaria.

La muestra de este primer año ha estado formada por 69 niños y 74 niñas de primer curso de primaria, con 6 años de edad, pertenecientes a los 3 colegios públicos de la localidad Sevillana de La Algaba, municipio situado a 10 kilómetros de la capital y con una población de 16.000 habitantes.

Al comienzo del proyecto, en el mes de septiembre, se mantuvieron reuniones informativas con los profesores y padres y madres de los centros escolares participantes y se obtuvieron los correspondientes consentimientos.

Con carácter mensual se midió el peso y la talla, se calculó el IMC y se pasó un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos mediante el test *Kidmed* de adherencia a la dieta mediterránea¹⁶ y un cuestionario de actividad física *PAQ-C*¹⁷⁻²⁰.

A partir de los datos de IMC se obtuvieron los valores correspondientes a la ecuación de regresión de Cole et al.⁷ así como los percentiles correspondientes según las tablas del CDC de Atlanta⁵ y de la Fundación Orbegozo⁶.

Con carácter semestral (en los meses de octubre y mayo) se realizó una BIA monofrecuencia con el objetivo de analizar los diferentes compartimentos corporales. Igualmente, se realizaron mediciones cineantropométricas en ambos meses siguiendo el protocolo establecido para niños y adolescentes por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte²¹. Todas las mediciones fueron realizadas por un técnico con acreditación nivel 1 de ISAK.

Con la misma frecuencia semestral se les colocó un medidor de consumo calórico *Armband PRO3* durante 2 días consecutivos.

Antropometría

El peso se midió con una báscula *Añó Sayol* (Atlántida, Barcelona, España) con precisión de fracciones de 100 g. Para la talla hemos utilizado un tallímetro portátil *Leicester* (Holtain LTD; Crymych, Reino Unido) con una altura máxima de 210 cm. Estas variables se midieron con los niños descalzos y en ropa interior, previa calibración de la báscula. Para la talla se midió la distancia entre el vértex (con la cabeza ubicada en el plano de Frankfurt) y el plano de sustentación, siguiendo la técnica de talla con tracción, para minimizar las variaciones diurnas de la misma, y en inspiración profunda.

Para la determinación del IMC se dividió el peso corporal en kilogramos entre el cuadrado de la talla expresada en metros.

Los pliegues del tríceps, muslo frontal y pantorrilla medial se midieron por duplicado (y una tercera vez en caso de discrepancia de medida, empleando la media de las 2 mediciones y la mediana en el caso de 3) con un lipómetro *Holtain Skinfold Caliper* (Holtain LTD; Crymych, Reino Unido) con amplitud de 0-40 mm, graduación de 0,2 mm y presión constante de 10 g/mm².

La localización del punto de medición se realizó empleando los puntos anatómicos de marcación y el protocolo estandarizado del GREC²¹. Todas las mediciones de pliegues grasos se tomaron en el lado derecho, independientemente de la lateralidad dominante del sujeto, y se efectuaron en secuencias de series completas antes de repetir la siguiente para minimizar el sesgo del evaluador.

Para la estimación de la masa grasa (MG) corporal se utilizó la ecuación de *Slaughter et al.*^{22,23}, que utiliza los pliegues cutáneos del tríceps y pantorrilla medial. Para la medición de los diámetros óseos se utilizó un paquímetro de pequeños diámetros *Holtain* de 0-14 cm con graduación de 1 mm (Holtain LTD; Crymych, Reino Unido). Los diámetros medidos fueron el biestiloideo de la muñeca y biepicondíleo del fémur.

Para los perímetros musculares se utilizó una cinta antropométrica de acero flexible *Lufkin Rosscraft* (Holtain LTD; Crymych, Reino Unido), no extensible, de una longitud de 2 metros y una anchura de 7 mm, calibrada en centímetros con graduación milimétrica provista de un espacio sin graduar (zona neutra) de 8,2 cm antes de la línea del cero.

Se midieron los perímetros del brazo relajado, muslo medio y gemelar máximo, necesarios para el cálculo de la masa muscular según ecuación de *Poortmans*²⁴.

Diagnóstico de sobrepeso y obesidad

Se han utilizado los siguientes criterios para establecer el diagnóstico de sobrepeso u obesidad:

- Por percentiles: cuando el percentil de IMC se encontraba entre el percentil 85 y el 95 se consideraba sobrepeso, según criterio

de las tablas del CDC de Atlanta⁵, y cuando se encontraba por encima del percentil 95 se consideraba obesidad. Para La Fundación Orbeagozo⁶ cuando el percentil del IMC se encontraba entre el percentil 85 y el 97 se consideraba sobrepeso y por encima del percentil 97 obesidad.

- b) Por extrapolación de Cole⁷: cuando el valor extrapolado se encontraba entre 25-30 kg/m² se consideraba sobrepeso y cuando era superior a 30 kg/m² se consideró obesidad.

Impedancia bioeléctrica

Utilizamos un impedanciómetro portátil modelo TANITA SC-240 MA (Tanita Corporation, Tokio, Japón), dotado de un sistema de medición tetrapolar con un espectro de medición de 50 KHz, una capacidad de 200 kg y una graduación de 100 g, que nos suministra la siguiente información: peso corporal total, MG, masa libre de grasa (MLG) y agua corporal total (ACT), todo ello expresado en kg y en porcentaje.

Valoración del estado nutricional

Hemos utilizado el test Kidmed¹⁶ que valora la adherencia a la dieta mediterránea considerada como prototipo de dieta saludable. Consiste en un cuestionario de 16 preguntas que deben responderse con sí o no y cuya valoración numérica puede oscilar entre 0 (mínima adherencia) y 12 (máxima adherencia) con los siguientes rangos:

- De 8-12: dieta mediterránea óptima (adherencia alta).
- De 4-7: necesidad de mejorar en el patrón alimentario para adecuarlo al modelo mediterráneo (adherencia media).
- De 0-3: dieta de muy baja calidad (adherencia baja).

Valoración de la actividad física

Se ha utilizado el cuestionario de actividad física PAQ-C^{17,18}. Es un cuestionario muy sencillo de rellenar que valora la actividad física que el niño realizó en los últimos 7 días. El resultado global del test es una puntuación de 1-5 que permite establecer una graduación en el nivel de actividad física que realiza cada niño. Además permite conocer en qué momentos del día y de la semana los niños son más activos. El PAQ-C se encuentra dentro de la denominada «familia PAQ» que comprende cuestionarios muy similares para valorar la actividad física en 3 grupos de edades: en niños (PAQ-C), adolescentes (PAQ-A)¹⁹ y adultos (PAQ-AD)²⁰.

Calorimetría

Se ha utilizado un medidor de consumo calórico ArmBand PRO-3 de la firma BodyMedia (Pittsburgh, PA, EE. UU.) que proporciona información sobre el gasto calórico y los niveles de actividad física, a través de la medición de la temperatura corporal, la disipación de calor, la conductividad de la piel, las aceleraciones longitudinales y transversales y el tiempo²⁵.

El equipo se coloca sobre el tríceps del brazo dominante y puede almacenar datos de hasta 14 días. El programa de análisis de datos (Inner View) proporciona valores de gasto energético total (GET), gasto calórico durante los periodos de actividad (GEA) (superiores a 2,5 MET), tiempo total empleado en la actividad y número de pasos dados.

Análisis estadístico

Se ha realizado un análisis descriptivo en el que todas las variables se presentan como media y desviación estándar.

Para el estudio comparativo de las diferentes variables y situaciones se tomó como hipótesis nula la igualdad de las distribuciones, procediéndose para el contraste de hipótesis de la siguiente manera: en primer lugar se realizó el test de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de las distribuciones y a continuación se procedió a comprobar la igualdad de las varianzas mediante el test de Levene, tras lo cual se optó por realizar un análisis de varianzas de una vía (ANOVA) para más de dos muestras independientes. Como prueba post-hoc de comparaciones múltiples se utilizó el test de Bonferroni.

En todos los casos se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

También se realizó un análisis de correlación múltiple mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Todo el análisis estadístico se realizó utilizando el paquete SPSS 15.0

Este estudio se realizó con la aprobación del Comité de Ética del Centro Andaluz de Medicina del Deporte y respetando en todo momento los derechos protegidos por la Declaración de Helsinki²⁶.

Resultados

No se han encontrado diferencias significativas en ninguna de las variables entre el primer estudio realizado en el mes de octubre de 2011 y el segundo estudio del mes de mayo de 2012, por lo que hemos optado por la presentación global de los datos del año.

La tabla 1 muestra los datos antropométricos de niñas y niños. Al comparar por sexos encontramos diferencias significativas en el porcentaje graso ($p = 0,04$) y el porcentaje muscular ($p < 0,0001$).

En cuanto a los cuestionarios analizados (PAQ-C y Kidmed), se muestran los resultados en la tabla 2, observándose diferencias significativas entre sexos en las puntuaciones del PAQ-C.

El estudio de correlación entre las diferentes variables antropométricas, medidas por cineantropometría y por impedancia, muestra buenas correlaciones entre el % graso de Slaughter y la MG

Tabla 1
Medias y desviaciones estándar de todos los parámetros antropométricos

	Niños		Niñas	
	Media	DE	Media	DE
Peso (kg)	25,87	5,94	24,5	6,19
Talla (cm)	120,73	5,29	119,36	6,77
IMC	17,17	2,84	16,78	2,9
Percentil IMC	63,56	33,68	58,98	33,64
Sumatorio de 3 pliegues grasos	37,93	25,41	46,15	23,03
% graso Slaughter (*)	18,91	8,03	21,73	6,56
% óseo Rochas	19,4	2,11	18,9	1,89
% muscular Poortmans (**)	45,91	2,6	35,36	2,34
Masa libre de grasa (kg)	19,86	3,25	18,7	3,25
Masa grasa (kg)	5,5	3,01	5,7	3,28
Agua corporal total (kg)	14,54	2,38	13,69	2,38
Masa libre de grasa (%)	79,56	5,91	78,15	6,98
Masa grasa (%)	20,44	5,91	21,85	6,98
Agua corporal total (%)	58,49	4,7	57,22	5,1
Tejido seco (kg)	5,26	1,04	5,01	0,87
Tejido seco (%)	20,83	3,62	20,94	1,89

DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal. Los asteriscos muestran las variables que difieren significativamente entre sexos (*) $p < 0,05$; (**) $p < 0,0001$.

Tabla 2
Medias y desviaciones estándar de las puntuaciones obtenidas mensualmente en los cuestionarios

	Niños		Niñas	
	Media	DE	Media	DE
Puntuación PAQ-C (*)	3,54	0,6	3,31	0,59
Puntuación Kidmed	6,99	1,82	7,12	1,85

DE: desviación estándar. El asterisco indica diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 3

Valores del coeficiente de correlación de Pearson entre las puntuaciones obtenidas mensualmente en los cuestionarios y diferentes variables antropométricas

	Kidmed	PAQ-C
% grasa Slaughter	0,13	0,13
Masa grasa BIA	0,08	0,11
Sumatorio 3 pliegues	0,09	0,13
IMC	0,07	0,07
Percentil IMC	0,58	0,09

BIA: bioimpedancia eléctrica; IMC: índice de masa corporal.

obtenida por impedancia bioeléctrica ($r=0,90$) así como del sumatorio de 3 pliegues con la MG en kg ($r=0,90$) y con el porcentaje graso de Slaughter ($r=0,99$).

Las correlaciones encontradas entre las variables de composición corporal y las puntuaciones de los cuestionarios PAQ-C y Kidmed se muestran en la tabla 3.

Por su parte, los datos correspondientes al gasto energético medido con brazalet calorímetro se muestran en la tabla 4. Tanto el GET como el GEA (por encima de 2,5 MET) muestran una buena correlación con la MLG en kg calculada por impedancia ($r=0,77$) y con el IMC ($r=0,73$).

El GET en valor absoluto no presenta diferencias entre niños y niñas, mientras que al corregirlo por la masa corporal total la diferencia es notoria, diferencia que se mantiene, aunque en menor proporción, si la corrección se hace por la MLG. El GEA, el número de pasos diarios y los MET promedio de la actividad durante el día, presentan diferencias significativas por sexo.

En cuanto a la valoración del peso, un total de 5 niños (7,25%) y 5 niñas (6,76%) presentaban bajo peso, encontrándose por debajo del percentil 5. La tabla 5 muestra los datos de prevalencia de sobrepeso y obesidad para todos los grupos ($n=143$) según los 3 criterios diagnósticos utilizados.

Discusión

Aunque se trata de un estudio longitudinal a 6 años, esta primera serie transversal aporta ya algunos datos interesantes y plantea hipótesis a dilucidar a lo largo del seguimiento completo.

En cuanto a la composición corporal, el principal hallazgo ha sido que al analizar los datos antropométricos obtenidos por BIA y por técnica de cineantropometría, encontramos una correlación altamente significativa de la MG obtenida por técnica de BIA con el porcentaje graso de Slaughter ($r=0,90$) y el sumatorio de 3 pliegues ($r=0,90$). La importancia de estos datos radica en que, la relación entre parámetros de composición corporal, obtenidos por ambas técnicas es un tema bastante controvertido en la literatura^{27,28}, predominando la creencia de que no existe relación entre ellos. Quizás, dado que la mayoría de los estudios que no encuentran relación entre ambos métodos, están realizados con adultos y adolescentes, se pueda considerar la hipótesis de que esta correlación

Tabla 4

Valores correspondientes a los datos de calorimetría

	Niñas		Niños		p
	Media	DE	Media	DE	
GET (kcal/día)	1.449,48	574,26	1.718,67	575,00	0,18
GEA (kcal/día)	600,48	432,03	960,07	528,03	0,04
Pasos /día	14.507	3.268	18.371	2.842	0,0007
MET (promedio)	2,01	0,26	2,63	0,48	0,0002
GET/kg/día	48,60	6,89	60,78	7,31	0,00002
GET/mlg/día	64,93	20,35	79,24	13,02	0,02

DE: desviación estándar; GEA: gasto energético en actividad (por encima de 2,5 MET); GET: gasto energético total; MLG: masa libre de grasa en kg.

Tabla 5

Datos de prevalencia de sobrepeso y obesidad según los 3 criterios diagnósticos

	Niños		Niñas	
	n	%	n	%
CDC				
Sobrepeso	12	17,39	10	13,51
Obesidad	19	27,54	14	18,92
Total	31	44,93	24	32,43
Cole				
Sobrepeso	15	21,74	14	18,92
Obesidad	9	13,04	9	12,16
Total	24	34,78	23	31,08
Orbegozo				
Sobrepeso	7	10,14	10	13,51
Obesidad	13	18,84	5	6,76
Total	20	28,99	15	20,27

#: porcentaje de prevalencia; CDC: percentiles del CDC de Atlanta; Cole: criterios de extrapolación de Cole; N: número de sujetos; Orbegozo: percentiles de la Fundación Orbegozo. Se muestran por separado las cifras de sobrepeso y obesidad, en Total se expresa la suma de sobrepeso y obesidad.

esté presente en los niños y se pierda a partir de algún momento probablemente cercano a la pubertad.

Respecto al cuestionario Kidmed¹⁶, su puntuación no muestra correlación (tabla 3) con parámetros antropométricos como el porcentaje graso de Slaughter, el sumatorio de 3 pliegues o la MG por BIA, ni tampoco con el IMC, por lo que parece que la valoración de la dieta que hace este cuestionario no tiene una relación real con el nivel de sobrepeso. Sin embargo, sí muestra una buena correlación con el percentil en el que se encuentra el IMC.

En relación con el test de actividad física PAQ-C, tanto los niños como las niñas (tabla 2) presentan una puntuación por encima de la media publicada en el manual PAQ¹⁷⁻¹⁹ que es de 3,23 para los niños y 2,94 para las niñas. Aunque el nivel de actividad física es alto en ambos sexos, es significativamente mayor en los niños que en las niñas. Esto nos plantea un nuevo problema, ya que no es coherente este alto nivel de actividad física con la alta tasa de prevalencia de sobrepeso/obesidad observada en el grupo estudiado. O bien no hay relación entre la práctica de actividad física y la prevalencia de sobrepeso y obesidad, o bien este cuestionario está sobrevalorando la actividad física realizada.

Nuestra hipótesis, a comprobar a lo largo de los 6 años de seguimiento, es que en ambos cuestionarios los padres realizan una sobrestimación tanto de la alimentación como de la actividad física desarrollada por sus hijos.

Para ello es fundamental disponer de otra técnica, más objetiva, que permita medir el nivel de actividad física y el gasto energético realizado. Con el medidor de consumo calórico ArmBand hemos registrado el GET en 24 horas encontrando buena correlación con el IMC ($r=0,73$) y con la MLG en kg ($r=0,77$). El gasto energético medido muestra niveles elevados de actividad, como muestran los valores de 2,63 y 2,01 MET de promedio en niños y niñas respectivamente. En concordancia con los datos del PAQ-C, con la calorimetría se comprueba que el nivel de actividad en niños (GEA, GET/kg, número de pasos, MET promedio) es significativamente mayor que en niñas incluso al corregirlo por la masa corporal total.

En cuanto a la prevalencia de sobrepeso y obesidad, es necesario comparar nuestros datos con el principal estudio de obesidad realizado en nuestro país: el estudio EnKid³. En nuestro estudio se han mostrado por separado los datos de sobrepeso y obesidad para seguir la metodología de la mayoría de las encuestas mientras que en el estudio EnKid los datos de sobrepeso incluyen a los de obesidad puesto que consideran sobrepeso cuando el IMC se sitúa por encima del percentil 85, con lo que la obesidad es en realidad un subconjunto del sobrepeso.

Tabla 6

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

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

Por tanto, para poder realizar comparaciones, en la cifra de sobrepeso hemos incluido a todos los sujetos con obesidad y se muestran a continuación los datos globales en porcentaje para niños y niñas (tabla 6) de forma comparativa entre nuestro estudio (designado como OBIN) y los datos del estudio EnKid para el rango de edad de 6-9 años. Se facilitan los datos comparativos para los 3 principales criterios de diagnóstico: el del CDC de Atlanta, el de la fundación Orbegozo y el criterio de Cole.

Desde la publicación del estudio EnKid es sabido que los datos de prevalencia de sobrepeso y obesidad son muy diferentes según el criterio diagnóstico que se utilice y esto presenta, a nuestro juicio, graves problemas metodológicos. En nuestro estudio, estas diferencias entre los 3 criterios de diagnóstico son patentes, de forma que nuestros datos globales de sobrepeso oscilarían entre el 29 y el 44,9% para los niños o entre el 20,3 y el 32,4% para las niñas, según el criterio utilizado.

En la comparación se puede observar (tabla 6) que, según los criterios del CDC, nuestros niños y niñas presentan tasas similares de sobrepeso, pero con mayor prevalencia de obesidad, que la generalidad de los niños españoles. Lo mismo ocurre con el criterio de Cole, aunque con valores más bajos. Sin embargo, al aplicar las tablas de percentiles de la Fundación Orbegozo, propias de nuestro país, nuestros niños y niñas presentan tasas menores de prevalencia, tanto de sobrepeso como de obesidad.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la dirección y al profesorado de los Colegios Públicos Purísima Concepción, Giner de los Ríos y Vicente Alexandre de la Algaba, así como a todos los niños y niñas participantes en este estudio y a sus padres.

Este estudio es una iniciativa del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD), por lo que los autores agradecen la permanente colaboración de la dirección del CAMD para que este estudio se esté llevando a cabo.

Bibliografía

1. Internacional Obesity Task Force, European Association for the study of obesity. EU Platform on diet. Physical Activity and Health. Unión Europea; 2005.
2. PAIDOS 84. Estudio epidemiológico sobre nutrición y obesidad infantil. Madrid: Jomagar; 1985.
3. Serra Majem L, Ribas Barba L, Aranceta Bartrina J, Pérez Rodrigo C, Saavedra Santana P, Peña Quintana L. Obesidad infantil y juvenil en España. Resultados del Estudio EnKid (1998-2000). *Med Clin*. 2003;121(19):725-32.
4. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Encuesta Nacional de Salud de España 2011/2012. [consultado 20 Nov 2013]. Disponible en: <http://msssi.gob.es/estadEstudios/estadistica>. Acceso: 20-11-2013.
5. Centers for Disease Control. BMI. Body mass Index: BMI for children and teens. 6-8-2005. [consultado 15 Oct 2012]. Disponible en: <http://www.Cdc.gov/nccdphp/dnpa/bmi/bmi-for-age.htm>
6. Fundación Orbegozo. Curvas y tablas de crecimiento. [consultado 5 Nov 2011]. Disponible en: <http://www.fundacionorbegozo.com/orbegozo/tablasPC.html>
7. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-3.
8. Manonelles P, Alcaraz J, Álvarez J, Jiménez F, Luengo E, Manuz B, et al. La utilidad de la actividad física y de los hábitos adecuados de nutrición como medio de prevención de la obesidad en niños y adolescentes (Documento de consenso FEMEDE). *Arch Med Deporte*. 2008;127:333-53.
9. Moreno LA, González-Gross M, Kersting M, Molnár D, de Henuw S, Beghin L, et al. Assessing, understanding and modifying nutritional status, eating habits and physical activity in European adolescents: The HELENA (Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence) Study. *Public Health Nutr*. 2008;11:288-99.
10. Epstein LH, Coleman KJ, Myers MD. Exercise in treating obesity in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28:428-35.
11. Maziekas MT, LeMura LM, Stoddard NM, Kaercher S, Martucci T. Follow up exercise studies in paediatric obesity: Implications for long term effectiveness. *Br J Sports Med*. 2003;37:425-9.
12. Atlantis E, Barnes EH, Singh MA. Efficacy of exercise for treating overweight in children and adolescents: A systematic review. *Int J Obes*. 2006;30:1027-40.
13. Flodmark CE, Marcus C, Britton M. Interventions to prevent obesity in children and adolescents: A systematic literature review. *Int J Obes*. 2006;30:579-89.
14. Stice E, Shaw H, Marti CN. A meta-analytic review of obesity prevention programs for children and adolescents: The skinny on interventions that work. *Psychol Bull*. 2006;132:667-91.
15. Metcalf B, Henley W, Wilkin T. Effectiveness of intervention on physical activity of children: Systematic review and meta-analysis of controlled trials with objective measured outcomes (EarlyBird 54). *Br J Sports Med*. 2012;345:e5888. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.e5888>.
16. Serra-Majem L, Ribas L, Ngo J, Ortega RM, García A, Pérez-Rodrigo C, et al. Food, Routh and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr*. 2004;7(7):931-5.
17. Kowalski CK, Crocker PR, Faulkner RA. Validation of the physical activity questionnaire for older children. *Pediatr Exerc Sci*. 1997;9:174-86.
18. Kowalski CK, Crocker PR, Donem RM. The Physical Activity Questionnaire for Older Children (PAQ-C) and adolescents (PAQ-A) Manual. College of Kinesiology University of Saskatchewan; 2004.
19. Kowalski CK, Crocker PR, Kowalski NP. Convergent validity of the physical activity questionnaire for adolescents. *Pediatr Exerc Sci*. 1997;9:342-52.
20. Copeland JL, Kowalski KC, Donem RM, Tremblay MS. Convergent validity of the Physical Activity Questionnaire for Adults: The new member of the PAQ Family. *J Phys Act Health*. 2005;2:216-29.
21. Alvero Cruz JR, Cabañas Armesilla MD, Herrero de Lucas A, Martínez Rianza L, Moreno Pascual C, Porta Manzanilla J. Protocolo de Valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Arch Med Deporte*. 2009;131:166-79.
22. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, et al. Skinfold equations for estimation of bodyfatness in children and youth. *Hum Biol*. 1988;60:709-23.
23. Janz KF, Nielsen DH, Cassady SL, Cook JS, Wu Y-T, Hansen JR. Cross-validation of the Slaughter Skinfold equations for children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(9):1070-6.
24. Poortmans J, Boisseau N, Moraine J, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:316-22.
25. Calleja Fernández A, Vidal Casariego A, Ballesteros Pomar MD. Estudio comparativo del cálculo del gasto energético total mediante Sense Wear Armband y la ecuación de Harris-Benedict en población sana ambulatoria: utilidad en la práctica clínica. *Nutr Hosp*. 2012;27(4):1244-7.
26. WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. [consultado 20 Nov 2013]. Disponible en: <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/>
27. Casanova Roman M, Rodríguez Ruiz I, Rico de Cos S, Casanova Bellido M. Análisis de la composición corporal por parámetros antropométricos y bioeléctricos. *An Pediatr*. 2004;61(1):23-31.
28. Lizana Arce PJ, Almagia Flores AA, Simpson Lelievre MC, Olivares Barraza R, Bivignat Gutierrez O, Ivanovic Marinovich D, et al. Inconsistency between the body fat percentages estimated through anthropometric measurements and manual bioimpedance in children and adolescents. *Int J Morphol*. 2011;29(4):1364-9.



Original

Findings on sperm alterations and DNA fragmentation, nutritional, hormonal and antioxidant status in an elite triathlete. Case report



D. Vaamonde^{a,*}, M.E. Da Silva-Grigoletto^{b,c}, J.M. Fernandez^d, C. Algar-Santacruz^{c,d}, J.M. García-Manso^e

^a Morphological Sciences Department, School of Medicine, University of Cordoba, Spain

^b Departamento de Educação Física, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Sergipe, Brazil

^c Scientific Sport Association, Cordoba, Spain

^d Nutrir, Nutrición Médica y Ejercicio, Cordoba, Spain

^e Physical Education Department, School of Physical Activity and Sport Sciences, University of Las Palmas de Gran Canaria, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 9 October 2013

Accepted 23 July 2014

Keywords:

Endurance training

Triathlon

Semen

Hormones

Oxidative status

Nutrition

DNA fragmentation

ABSTRACT

Objective: The present case study analyzes semen quality, nutritional patterns, and hormonal and oxidative status of an international high-level triathlete with a low-volume, high-intensity training load.

Method: The athlete was 26 years old, having participated in competitions since he was 13 years old, and practiced professional triathlon for the last five years. The qualitative sperm parameters analyzed were volume, sperm count, motility, morphology, and DNA fragmentation (additional testing performed as needed). Salivary hormones measured were T, C, and T/C. Seminal plasma total antioxidant capacity was measured. Maximum oxygen consumption and training characteristics were assessed. To determine habitual food intake and its possible repercussion on oxidative status, a quali-quantitative frequency questionnaire of 136 different foods was used and subsequently analyzed using specific software.

Results: Hormonal and physical semen parameters were within normal ranges. Sperm morphology and DNA fragmentation showed abnormal values (3.9% and 38.33%). Round cells in semen were higher than normal (2.3 million/ml), with presence of macrophages. Apoptotic and necrotic events were observed. Total antioxidant capacity, although not compromised, was low. Dietetic intake was characterized by excess protein and appropriate overall antioxidant intake (with slight deficit and excess of some specific nutrients) according to recommended values.

Conclusions: In this high-intensity endurance athlete, sperm parameters, mainly sperm morphology and DNA fragmentation, are altered. Further knowledge is needed with regards nutritional antioxidant intake and other dietetic strategies oriented toward avoiding oxidative damage in semen of high-performance triathletes. Moreover, adequate nutritional strategies must be found and nutritional advice given to athletes so as to palliate or dampen the effects of exercise on semen quality.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Hallazgo de alteraciones en semen, nutricionales, hormonales, del estado antioxidante y fragmentación de ADN en un triatleta de élite. Caso clínico

RESUMEN

Objetivo: El presente estudio de caso analiza la calidad de semen, patrones nutricionales y status hormonal y oxidativo de un triatleta internacional de alto nivel con carga de entrenamiento de bajo volumen y alta intensidad.

Método: Atleta de 26 años de edad, con una práctica deportiva competitiva desde los 13 años, y cinco años de triatlón profesional. Los parámetros cualitativos analizados en semen fueron: volumen, conteo espermático, motilidad, morfología, y fragmentación de ADN, con pruebas adicionales según necesidad. Las hormonas salivares cuantificadas fueron: T, C, y T/C. La capacidad antioxidante total

Palabras clave:

Entrenamiento de resistencia

Triatlón

Semen

Hormonas

Estado oxidativo

Nutrición

Fragmentación ADN

* Corresponding author.

E-mail addresses: fivresearch@yahoo.com, cm1vamad@uco.es (D. Vaamonde).

fue medida en plasma seminal. También se analizó el consumo máximo de oxígeno y características de entrenamiento. Para determinar la ingesta alimentaria habitual y su posible repercusión sobre el estado oxidativo, se utilizó un cuestionario de frecuencia de consumo cuali-cuantitativa, de 136 alimentos, analizado mediante software informático.

Resultados: Los valores hormonales y parámetros físicos seminales estaban dentro de la normalidad. La morfología y fragmentación de ADN espermático mostraron valores anormales (3.9% y 38.33%). Aparecía un elevado número de células redondas (2.3 millones/mL), con presencia de macrófagos. Se observaron eventos apoptóticos y necróticos. La capacidad antioxidante total, aunque no alterada, estaba baja. La ingesta dietética se caracterizó por un exceso proteico y consumo adecuado de antioxidantes (con ligero déficit y exceso de algunos nutrientes específicos), según valores recomendados.

Conclusiones: El ejercicio de resistencia de alta intensidad altera los parámetros espermáticos, principalmente morfología y fragmentación de ADN. Es necesario obtener mayor información sobre el efecto de antioxidantes y otras estrategias dietéticas con relación al daño oxidativo en el semen de triatletas de alto rendimiento, al igual que hallar estrategias nutricionales adecuadas para paliar o amortiguar los efectos del ejercicio sobre la calidad del semen.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Descoberta das alterações no sêmen, nutricionais, hormonais, o antioxidante status e fragmentação de DNA em triatleta de elite. Relato do caso

R E S U M O

Palavras-chave:

Treinamento de resistência
Triathlon
Sêmen
Hormônios
Estresse oxidativo
Nutrição
Fragmentação do DNA

Objetivo: O presente estudo de caso analisa a qualidade de sêmen, padrões nutricionais, estado hormonal e oxidativo de um triatleta internacional de alto nível com carga de treinamento de baixo volume e alta intensidade.

Método: Atleta de 26 anos de idade, com uma prática esportiva desde os 13 anos e cinco anos de triathlon profissional. Os parâmetros qualitativos analisados no sêmen foram: volume, contagem espermática, motilidade, morfologia, e fragmentação de DNA com testes adicionais dada necessidade. Os testes hormonais salivares foram: Testosterona, Cortisol e a razão testosterona/cortisol. A capacidade antioxidante total foi medida no plasma seminal. Também foi analisado o consumo máximo de oxigênio e características do treinamento. Para determinar a ingesta alimentar habitual e sua possível repercussão sobre o estado oxidativo, foi utilizado um questionário de frequência de consumo quali-quantitativo de 136 alimentos, a partir do uso de um software específico.

Resultados: os valores e parâmetros hormonais e físicos seminais estavam dentro da normalidade. A morfologia e fragmentação do DNA espermático mostraram valores anormais (3,9% e 38,33%). Apresentando um elevado número de células redondas (2,3 milhões/mL), com presença de macrófagos. Se observaram eventos apoptóticos e necróticos. A capacidade antioxidante total, ainda que não alterada, estava baixa. A ingesta dietética foi caracterizada por um excesso proteico e consumo adequado de antioxidantes (com ligeiro déficit e excesso de alguns nutrientes específicos) segundo valores recomendados.

Conclusões: o exercício de resistência de alta intensidade altera os parâmetros espermáticos, principalmente morfologia e fragmentação do DNA. Faz-se necessário obter maiores informações sobre o efeito de antioxidantes e outras estratégias dietéticas com relação ao dano oxidativo no sêmen de triatletas de alto rendimento, e traçar estratégias nutricionais adequadas para atenuar os efeitos do exercício sobre a qualidade do sêmen.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Introduction

It has been recently postulated that exhaustive endurance exercise may be a factor altering the seminological and hormonal profiles in elite athletes. Triathlon competition imposes great physical and mental demands on the athletes, forcing them to undergo high training loads and long-duration competitions.¹

The Ironman is certainly one of the most extenuating competitions, with athletes spending between 9 and 10 h in order to complete a 3.86 km-swim, 180 km-cycling, and 42.2 km-run. Athletes aim in this competition to achieve the best possible position and scores. As a result of the high training loads used by the triathletes, the organism undergoes great physical and mental stress. Moreover, physical training may produce negative physiological changes that may lead to overreaching/overtraining status.²

There are many studies that report a relationship between intense endurance exercise and hormonal (suprarenal and gonadal) and semen alterations.³ From the studies, it has been observed that training volume is one of the characteristics most exerting an influence on hormone and semen parameters. Some authors have even established a theory of a volume-threshold.⁴

Previous studies have related triathlon practice to semen alterations.^{5,6} This relationship has been observed to be related to training volume. However, studies have suggested that training intensity may also be deleterious for hormone and semen profiles and may induce an oxidative status.^{7,8} Moreover, inappropriate nutrition may also influence these parameters.⁹ In line with this, we have assessed semen, hormone and total antioxidant capacity values in a high-intensity elite triathlete as well as careful nutritional surveillance in order to determine any

possible alterations in the reproductive profile of this particular athlete.

Method

Subject

The athlete, who was 26 years old, had a VO_{2max} of 72.11 ml/kg/min, as measured by a gas analyzer (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Germany).

His mean annual weekly training regime is as follows: 15 km of swimming, 155.4 km of cycling, and 30 km of running. With regards to cycling alone, his mean annual weekly training characteristics were as follow: 18.5 h and a total covered distance of 155.4 km. His mean training values for the last week of training were, therefore, diminished in comparison to the mean annual values (4.1 km of swimming, 112.8 km of cycling, and 14 km of running). Due to the athlete's own training regime, he had not performed any cycling in the week of the testing (performed on a Wednesday). The intensity at which the athlete trained in the three different disciplines is as follows: 75% of maximum HR for swimming, 75% for cycling, and 68% for running.

It has to be mentioned that the athlete completed a detailed fertility questionnaire which did not reveal any possible previous fertility-related issues.

Procedures

The athlete underwent complete physical exam as well as completed a fertility, a training and a nutritional questionnaire. Routine blood analysis was performed with normal results for all common biochemical and physiological parameters (no iron or zinc deficiency, cholesterol, 25-hydroxyvitamin D or glycemic alterations). Semen, hormone, total antioxidant capacity (TAC), nutritional habits and training parameters were carefully analyzed.

With regards to training, the athlete was in a tapering period preparing for a non-official competition. As previously described, the week before testing was characterized by a low volume training. All testing and questionnaires were done on the same day. The athlete collected semen and afterwards he gave the saliva sample and answered the nutritional questionnaire. For better semen characterization, he gave another semen sample 3 days later. He was asked to drastically lower the load 2 days before sample collection, and to avoid any cycling exercise. Moreover, the day before the testing, he decreased training volume to 50% of the total of that week's volume.

Semen analysis

The athlete kept the required abstinence for adequate sample collection (4 days). World Health Organization (WHO) values for volume, number and velocity were chosen for sample normality assessment, while Kruger's strict criteria were chosen for morphology normality assessment.¹⁰ Total motility (PR+NP) was assessed and motility was graded as follows: progressive motility (PR), non-progressive motility (NP) and immotile sperm (IM). For determination of leucocytes in the sample the leucoscreen test was used (Fertipro, Belgium). For morphology, two sperm smears were stained (Diff Quick, Panreac, Barcelona, Spain) and observed at 100 \times under oil. DNA fragmentation evaluation was performed using a sperm chromatin dispersion test (Halosperm[®], Halotech DNA S.L., Madrid, Spain). Apoptosis and necrosis determination was performed using the Annexin V testing (Miltenyi Biotec, Germany) and observing sperm with a fluorescence microscope. TAC determination was

performed in seminal plasma after centrifugation by ELISA with commercially available kits (Cayman Chemical, Michigan, USA).

Hormone analysis

For saliva collection, the athlete avoided any food or caffeine products for a period of at least 2 h before sampling. Saliva collection was performed by inserting a collection pad inside the athlete's mouth and keeping it inside the mouth to absorb saliva during 2 min. Afterwards, the pad was removed and stored at -80°C until assayed. Commercial kits for nonradioactive ELISA were used for hormonal assessment (Salivary Testosterone EIA Kit and Salivary Cortisol EIA Kit, Salimetrics LLC, Suffolk, UK). Sensitivity was $<0.003\ \mu\text{g/dL}$ for Cs and 1 pg/ml for Ts. With regards to reproducibility of measures, the ICC was 0.8 for Ts and 0.78 for Cs.

Nutritional analysis

The material used for data collection and analysis with regards to the nutritional intake was based on the completion of a food frequency questionnaire, using a computerized support, and an individual personal interview, the purpose of which is to gather knowledge on the dietary habits before, during and after training for the studied athlete.

In order to assess the athlete's nutrition, he was asked to complete, during a personalized interview, a food frequency survey obtained from the "Study Predimed. Nodo Pamplona AP-UNAV. Epidemiology and Public Health, University of Navarra". By means of this survey, knowledge is obtained about which foods are eaten, how frequently and in what quantity. The survey consists of 136 foods divided into seven groups (dairy, vegetables, eggs-meats-fish, fruits, cereals-vegetables, oils and fats, and miscellaneous), asking the athlete to refer his daily, weekly and monthly intake of each one of them and even three seasonal categories can be differentiated (Spring, Fall-Winter and Summer) for better assess met due to seasonal differences in obtaining certain foods. In addition, a manual with pictures of different foods and dishes,¹¹ and food replicas were used. With all these data, the portion size of each food consumed by the athlete was established so as to later determine the amount ingested.

These surveys have been analyzed with the software V.2.0 Diet-source TM obtaining final data on micronutrients, macronutrients and energy for the triathlete.

Results

Semen and hormone values

Values for semen physical parameters were within normal ranges, as well as values for sperm concentration and velocity. However, both morphology and DNA fragmentation showed abnormal values (3.9% and 38.33% respectively). Moreover, it was observed that the presence of round cells in semen was higher than normal (Table 1). Active macrophages were found to be present in the semen sample (Fig. 1). Hormonal values were within normal. Table 1 also shows the values for TAC from seminal plasmas as well as the values obtained for salivary testosterone, salivary cortisol, and the T/C ratio resulting from both hormones.

Nutritional values

After analyzing the different dietary data obtained from the interview with the athlete, the following observations were found (Table 2), indicating an overall suitable nutritional intake for the requirements for the kind of the athlete studied.

Table 1
Seminological and hormonal values of the studied athlete.

Parameter	Value	Reference values
Volume (ml)	2.0	≥1.5
Concentration (10^6 ml^{-1})	69	≥15
Total number (10^6)	138	≥39
Progressive motility (%)	47.83	≥32
Non-progressive motility (%)	7.2	≥8
Immotile (%)	44.9	≤40
Morphology (%normal forms)	3.9	≥4
% DNA fragmentation	38.33	≤15
Round cells (10^6 ml^{-1})	2.3	≤ 10^6
Apoptotic %	2.20	
Necrotic %	6.83	
TAC	2580	
T (pg/ml)	163.28	50–210
C ($\mu\text{g/dL}$)	0.8843	0.3–1.0
T/C	18.464	

Table 2
Habitual dietary composition on the studied athlete.

Dietary variables	Value	Recommended intake
<i>Caloric distribution</i>		
Total calories (kcal/day)	4311.28	2564 ^a
% Carbohydrates	56.19	55–65%
Carbohydrates (gr/kg/day)	9.44	7–10
% Protein	14.89	12–15%
% Fat	28.90	20–33%
<i>Vitamins</i>		
Vitamin C (mg/day)	365.25	200
Vitamin A (mg/Eq)	1064.53	700–900
Vitamin E (mg/day)	28.91	15
Vitamin D ($\mu\text{g/day}$)	11.11	5–15
<i>Minerals</i>		
Zinc (mg/day)	15.95	7
Selenium ($\mu\text{g/day}$)	114.73	34
Iron (mg/day)	27.05	15–18

^a Calculated as minimum caloric intake (40 kcal/kg total body weight).

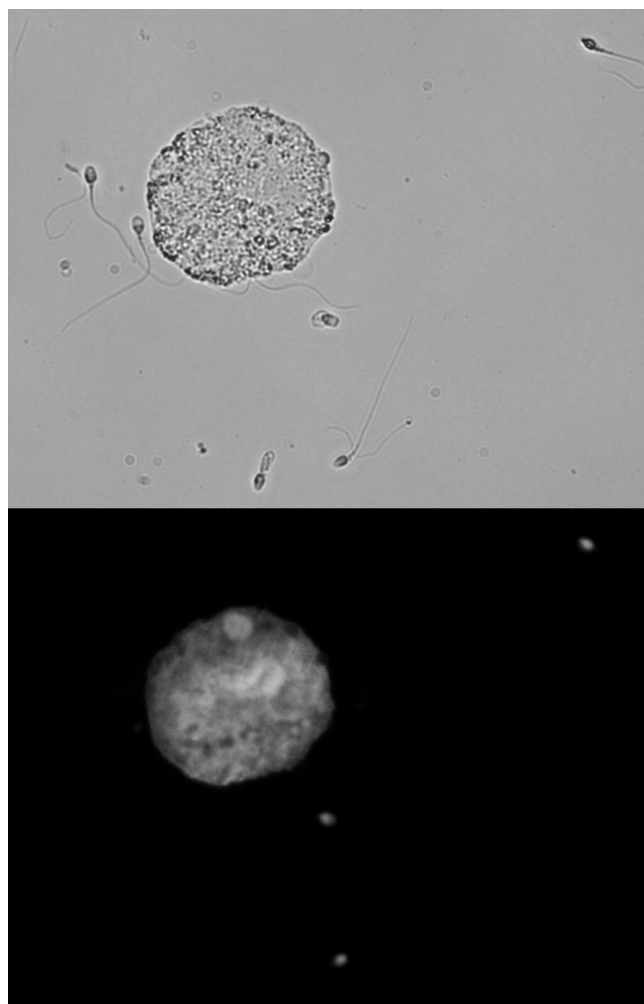


Fig. 1. Fluorescence and bright field microscopy images. A macrophage can be seen along with several abnormal sperm in bright field (A). Fluorescence microscopy shows, in the same field, how several of these sperm cells are undergoing necrosis; moreover, several sperm cells (red color) have been phagocitized by the macrophage (B). (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Discussion

The main finding of the present study is an altered value for sperm morphology and sperm DNA fragmentation despite adequate testosterone value and nutrition and TAC values.

Several studies have shown a potential relationship of exercise to hormonal and seminological alterations.^{4–7} The characteristics observed in the present case seem to be in accordance with previously published observations,^{4–7,12} the triathlete did not show any alterations for sperm number or velocity but showed significant alterations in sperm morphology and a great degree of sperm DNA fragmentation. Significant alterations in morphology and sperm DNA fragmentation have been correlated with longer times to conception and less chances of live birth.^{13,14}

In the present case, the athlete is characterized by performing a high-intensity, low-volume training; when his training is compared to other triathletes is notorious his priority is intensity rather than volume.

Testosterone is essential for proper spermatogenesis to occur. Our triathlete showed testosterone levels within the normal range for healthy male adults, although somewhat lower than the values reported for other sports modalities, especially with regards to strength sports.¹⁵ Yet it has also been documented that Ironman competitors, and even other endurance athletes (running, cycling, rowing, swimming), may present lowered testosterone values,¹⁶ especially immediately after competition.¹⁷

Although endurance athletes may have T values below normal range,¹⁸ the triathlete in this study showed normal values, even greater than those observed in other triathletes; this may be because he is characterized by a high-intensity training.

Intensity defined as “high-intensity training” has been shown to be the key factor in modulating endocrine response as increase in T and decrease in C.¹⁹ Moreover, an increase in salivary T could be associated with a greater metabolic efficiency toward the pre-competition and competition phases.²⁰ Zahavi and Perel²⁰ reported an improvement in the efficiency of the mitochondrial proton pump when producing ATP, despite suggesting that this metabolic advantage could be associated to an increase in oxidative damage. The fact that TAC values are somewhat low, can refer to the subject not having an appropriate antioxidant defense and, therefore, he may not be able to mitigate the oxidative damage.

In highly trained male athletes, as in female athletes²¹ exercise is usually associated with a decrease in the hypothalamic–pituitary–suprarenal axis, although basal cortisol levels are usually greater than normal, reflecting a chronic response to training.²²

Macrophage presence was observed in the athlete’s semen. Although macrophages should not be present in semen, phosphatidylserine exposure, like in the case of apoptotic cells, serves as a triggering signal for macrophages²³; this may also be true for removing defective sperm; in fact, some authors have reported presence of macrophages along impaired sperm parameters in

men.²⁴ Macrophages may, thus, have a function in the differentiated tissues of the reproductive system. In this regard, we have observed high numbers of sperm with morphological anomalies as well as with fragmented DNA and undergoing apoptosis and necrosis. Other authors have observed a direct relationship between the presence of macrophages and the number of sperm exhibiting denatured DNA.²⁵ High-load endurance training promotes the appearance of muscle injury markers along with an increased white cell count in blood.²⁶ During inflammation, additional circulating macrophages help testes-residing macrophages by arriving and invading the site of inflammation.²⁷

Nonetheless, the number of round cells is elevated, with the presence not only of macrophages and other leucocytic cells but also a greater than normal presence of germinal cells. This fact may indicate a moderate alteration of spermatogenesis.

When analyzing the micronutrient intake with regards established recommendations,^{9,28,29} it can be observed that the athlete has a deficit in the intake of calcium, iodine and vitamin B12, as shown in Table 2. In addition, it can be observed there is a high consumption of Niacin, Riboflavin (Vitamin B2), Vitamin B6, Vitamin C, Folate and Vitamin E, Iron and Zinc.

The observed excess can lead to oxidative DNA damage in testicular and epididymal sperm, as well as a significant increase in 8-oxodG.³⁰ Especially, an accumulation of certain minerals, such as iron and zinc, can produce damage in sperm and other reproduction-related cells, as well as degeneration of the germinal epithelium of the testes, multinucleated giant cell formation, and lack of mature sperm, along with a decrease in spermatogenesis and sperm motility with subsequent reduction of fertility.^{31,32}

The intake and use of vitamin C and vitamin E (with different modes of action) as antioxidants should be carefully considered because, even though they have a protective effect on the polyunsaturated acids (PUFAs) present in the sperm membrane³³ with a subsequent improvement in sperm function, in some cases (with the concurrent presence of metals such as Fe and Cu, etc.) these vitamins can act as potent prooxidants. In fact, it has been reported that continued Vitamin C supplementation in athletes may alter performance and elevate oxidative markers.³⁴ In the present case, the athlete showed an elevated intake of both vitamin C and Iron and this imbalance may lead to a pro-oxidative state.

The macronutrients intake analysis reveals high protein intake and, to a lesser extent, of carbohydrates. High consumption of meat and dairy products has been associated with the incorporation of xenoestrogens, powerful endocrine disruptors, and thus to a deterioration in semen quality.³⁵ Overall daily energy intake for this athlete is estimated at 4311.28 kcal/day. Although this energy value is much higher than for normal individuals, it is adequate for a high-level athlete.

In the present case, it can be observed how training load, even if training volume is not high, promotes alterations in semen parameters and leucocytic profiles. Sperm DNA fragmentation, as well as morphology, are affected by high-intensity endurance exercise. Further studies are needed to clarify this fact and to seek for preventive measures in this specific population. Moreover, even though nutrition seems to be appropriate, despite slight excess and deficiency of some specific nutrients and a slight excess protein intake, this parameter needs to be further assessed with regards to the relation of exercise and fertility. Moreover, appropriate nutritional strategies should be assessed for avoiding the deleterious effects on the reproductive system that are associated to sports practice.

Financial support

Grant (IMD2010SC0001) from the Consejería de Turismo, Comercio y Deporte de la Junta de Andalucía.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgement

Grant from the Consejería de Turismo, Comercio y Deporte de la Junta de Andalucía.

References

- Pipe A. The adverse effects of elite competition on health and well-being. *Can J Appl Physiol.* 2001;26:192–201.
- Jürimäe J, Mäestu J, Jürimäe T, Mangus B, von Duvillard SP. Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review. *Metabolism.* 2011;60:335–50.
- Borer K. Exercise endocrinology. Champaign: Human Kinetics; 2003.
- De Souza MJ, Miller BE. The effect of endurance training on reproductive function in male runners. A 'volume threshold' hypothesis. *Sports Med.* 1997;23:357–74.
- Vaamonde D, Da Silva-Grigoletto ME, García-Manso JM, Cunha-Filho JS, Vaamonde-Lemos R. Sperm morphology normalcy is inversely correlated to cycling kilometers in elite triathletes. *Rev Andal Med Deporte.* 2009;2:43–6.
- Vaamonde D, Da Silva-Grigoletto ME, García-Manso JM, Vaamonde-Lemos R, Swanson RJ, Oehninger SC. Response of semen parameters to three training modalities. *Fertil Steril.* 2009;92:1941–6.
- Vaamonde D, Da Silva ME, Poblador MS, Lanchó JL. Reproductive profile of physically active men after exhaustive endurance exercise. *Int J Sports Med.* 2006;27(9):680–9.
- Bessa A, Oliveira VN, De Agostini GG, Oliveira RJ, Oliveira AC, White G, et al. Exercise intensity and recovery: biomarkers of injury, inflammation and oxidative stress. *J Strength Cond Res.* 2013 Apr 18. [Epub ahead of print].
- De la Cruz E, Pino J, Moreno MI, Cañadas M, Ruiz-Risueño J. Micronutrientes antioxidante y actividad física: evidencia de las necesidades de la ingesta a partir de las nuevas tecnologías de evaluación y estudio del estrés oxidativo en el deporte. *Retos Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación.* 2008;13:11–4.
- World Health Organization. Laboratory manual for examination of human semen and sperm-cervical mucus interaction. 4th ed. New York: Cambridge University Press; 1999.
- Hercberg S, Deheeger M, Preziosi, Suvimax. SU.VI.MAX: Portions Alimentaires. Manuel photos pour l'estimation des quantités. Paris: Editions Polytechnica; 2002.
- Safarinejad MR, Azma K, Kolahi AA. The effects of intensive, long-term treadmill running on reproductive hormones, hypothalamus-pituitary-testis axis, and semen quality: a randomized controlled study. *J Endocrinol.* 2009;200(3):259–71.
- Van Waart J, Kruger TF, Lombard CJ, Ombelet W. Predictive value of normal sperm morphology in intrauterine insemination (IUI): a structured literature review. *Hum Reprod Update.* 2001;7(5):495–500.
- Evenson DP, Wixon R. Clinical aspects of sperm DNA fragmentation detection and male infertility. *Theriogenology.* 2006;65(5):979–91.
- Maynar M, Timon R, González A, Olcina G, Toribio F, Maynar JJ, et al. SHBG, plasma, and urinary androgens in weight lifters after strength training. *J Physiol Biochem.* 2010;66:137–42.
- Hackney AC, Moore AW, Brownlee KK. Testosterone and endurance exercise: development of the "exercise-hypogonadal male condition". *Acta Physiol Hung.* 2005;92:121–37.
- Ginsburg GS, O'Toole M, Rimm E, Douglas PS, Rifai N. Gender differences in exercise-induced changes in sex hormone levels and lipid peroxidation in athletes participating in the Hawaii Ironman triathlon. *Clin Chim Acta.* 2001;305:131–9.
- Viru A, Viru M. Análisis y control del rendimiento deportivo. Barcelona, Spain: Paidotribo; 2003.
- Hough J, Corney R, Kouris A, Gleeson M. Salivary cortisol and testosterone responses to high-intensity cycling before and after an 11-day intensified training period. *J Sports Sci.* 2013;31(14):1614–23.
- Zahavi A, Perel M. The information encoded by the sex steroid hormones testosterone and estrogen: a hypothesis. *J Theor Biol.* 2011;280:146–9.
- Hill EE, Zack E, Battaglini C, Viru M, Viru A, Hackney AC. Exercise and circulating cortisol levels: the intensity threshold effect. *J Endocrinol Investig.* 2008;31(7):587–91.
- Mastorakos G, Pavlatou M, Diamanti-Kandarakis E, Chrousos GP. Exercise and the stress system. *Hormones (Athens).* 2005;4:73–89.
- Schlegel RA, Williamson P. Phosphatidylserine, a death knell. *Cell Death Differ.* 2001;8(6):551–63.
- Tremellen K, Tunc O. Macrophage activity in semen is significantly correlated with sperm quality in infertile men. *Int J Androl.* 2010;33(6):823–31.
- Solis EA, Bouvet BR, Brufman AS, Feldman R, Gatti VN. The possible macrophage role in seminal fluid. *Actas Urol Esp.* 2003;27(3):185–9.

26. Bessa A, Nissenbaum M, Monteiro A, Gandra PG, Nunes LS, Bassini-Cameron A, et al. High-intensity ultraendurance promotes early release of muscle injury markers. *Br J Sports Med.* 2008;42:889-93.
27. Hedger MP. Macrophages and the immune responsiveness of the testis. *J Reprod Immunol.* 2002;57:19-34.
28. Odriozola Lino JM. La nutrición del deportista. *Arbor.* 2000;153-70.
29. Domínguez Herrera R. Vitaminas y rendimiento deportivo: una revisión bibliográfica. *EFDeportescom.* 2012;170.
30. Wellejus A, Poulsen HE, Loft S. Iron-induced oxidative DNA damage in rat sperm cells in vivo and in vitro. *Free Radic Res.* 2000;32(1):75-83.
31. Samanta K, Pal B. Zinc feeding and fertility of male rats. *Int J Vitam Nutr Res.* 1986;56(1):105-8.
32. Lucesoli F, Caligiuri M, Roberti MF, Perazzo JC, Fraga CG. Dose-dependent increase of oxidative damage in the testes of rats subjected to acute iron overload. *Arch Biochem Biophys.* 1999;372(1):37-43.
33. Lenzi A, Gandini L, Picardo M, Tramer F, Sandri G, Panfili E. Lipoperoxidation damage of spermatozoa polyunsaturated fatty acids (PUFA): scavenger mechanisms and possible scavenger therapies. *Front Biosci.* 2000;5:1-15.
34. Braakhuis AJ, Hopkins WG, Lowe TE. Effects of dietary antioxidants on training and performance in female runners. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(2):160-8.
35. Mendiola J, Torres-Cantero AM, Agarwal A. Lifestyle factors and male infertility: an evidence-based review. *Arch Med Sci.* 2009;5(1A):S3-12.



Original

Cardiorespiratory responses during deep water running with and without horizontal displacement at different cadences

A.C. Kanitz^{a,*}, G.V. Liedtke^a, S.S. Pinto^b, C.L. Alberton^b, L.F.M. Kruel^a^a Exercise Research Laboratory, School of Physical Education, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil^b School of Physical education, Federal University of Pelotas, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 March 2013

Accepted 15 July 2014

Keywords:

Aquatic environment

Young women

Heart rate

Ventilation

Oxygen uptake

ABSTRACT

Objective: To compare the cardiorespiratory responses during deep water running with and without displacement at different cadences.

Methods: Twelve young women performed deep water running with and without displacement during 4 min at three separate cadences: (a) 60 bpm; (b) 80 bpm; and (c) 100 bpm. The heart rate (HR), ventilation (Ve) and oxygen uptake (VO₂) were collected in the last minute of each test. Two-way ANOVA for repeated measures was used with Bonferroni's post hoc test ($p < 0.05$) to compare variables.

Results: The results showed a significant increase in all variables as the cadence increased (HR: $p < 0.001$; Ve: $p < 0.001$; VO₂: $p < 0.001$). In addition, the VO₂ and Ve values were significantly higher for deep water running with displacement compared to running without displacement (VO₂: $p = 0.047$; Ve: $p = 0.007$). However, there was no significant difference in HR with and without displacement ($p = 0.065$).

Conclusions: The results indicate that the increase in both cadence and displacement results in significant cardiorespiratory responses as a result of deep water running. This finding is important for adapting exercise prescription to the goals of participants.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Respuestas cardiorrespiratorias de la carrera en aguas profundas con y sin desplazamiento horizontal y en diferentes cadencias

RESUMEN

Objetivo: comparar las respuestas cardiorrespiratorias durante la carrera en aguas profundas con y sin desplazamiento horizontal y a diferentes cadencias.

Método: Doce mujeres jóvenes realizaron la carrera en aguas profundas con y sin desplazamiento durante cuatro minutos a tres cadencias diferentes: a) 60 bpm, b) 80 bpm, y c) 100 bpm. La frecuencia cardíaca (FC), la ventilación (VE) y el consumo de oxígeno (VO₂) se recogieron en el último minuto de cada prueba. ANOVA de dos vías para medidas repetidas con post hoc de Bonferroni ($p < 0,05$) se utilizaron para comparar las variables.

Resultados: Los resultados mostraron un aumento significativo en todas las variables con el aumento de la cadencia (FC: $p < 0,001$; Ve: $p < 0,001$; VO₂: $p < 0,001$). Además, los valores de VO₂ y Ve fueron significativamente mayores para la carrera en aguas profundas que se ejecuta con desplazamiento en comparación con la realizada sin desplazamiento (VO₂: $p = 0,047$; Ve: $p = 0,007$). Sin embargo, no hubo diferencia significativa en FC con y sin desplazamiento ($p = 0,065$).

Conclusiones: Los resultados indican que el incremento de la cadencia y el desplazamiento proporcionan importantes respuestas cardiorrespiratorias en la carrera en aguas profundas.

Palabras clave:

Ambiente acuático

Mujeres jóvenes

Frecuencia cardíaca

Ventilación

Consumo de oxígeno

* Corresponding author.

E-mail address: ana.kanitz@yahoo.com.br (A.C. Kanitz).

Este hallazgo es importante para la adaptación de la prescripción de ejercicio de acuerdo con los objetivos de los participantes.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Respostas cardiorrespiratórias durante a corrida em piscina funda com e sem deslocamento horizontal em diferentes ritmos

R E S U M O

Palavras-chave:

Ambiente aquático
Mulheres jovens
Frequência cardíaca
Ventilação
Consumo de oxigênio

Objetivo: comparar as respostas cardiorrespiratórias durante corrida em piscina funda profunda com e sem deslocamento horizontal em diferentes ritmos.

Métodos: Doze mulheres jovens realizaram corrida aquática com e sem deslocamento durante quatro minutos, em três ritmos distintos: a) 60 bpm; b) 80 bpm; e c) 100 bpm. A frequência cardíaca (FC), ventilação (VE) e o consumo de oxigênio (VO₂) foram coletados no último minuto de cada teste. Two-way ANOVA para medidas repetidas foi utilizada com o teste post hoc Bonferroni's ($p < 0,05$) para comparar as variáveis.

Resultados: Os resultados mostraram aumentos significativos em todas as variáveis conforme o aumento do ritmo (FC: $p < 0,001$; VE: $p < 0,001$; VO₂: $p < 0,001$). Além disso, os valores de VO₂ e VE foram significativamente maiores para corrida aquática com deslocamento em relação à corrida sem deslocamento (VO₂: $p = 0,047$; VE: $p = 0,007$). No entanto, não houve diferença significativa na FC com e sem deslocamento ($p = 0,065$).

Conclusões: Os resultados indicam que o aumento do ritmo e deslocamento proporcionam importantes respostas cardiorrespiratórias na corrida em piscina funda. Este achado é importante para adaptar a prescrição de exercícios conforme os objetivos dos participantes.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Introduction

The study of cardiorespiratory responses in aquatic exercise has gained attention in recent years, mainly to improve the prescription of these activities. Swimming, water-based exercise and deep water running can be highlighted as activities developed in an aquatic environment. Such activities have been recommended due to their physical fitness benefits,¹ lower cardiovascular demand^{2,3} and reduced impact on the joints of the lower limbs.^{4–9}

Deep water running is performed with the aid of a floatation vest that keeps the individual upright and does not allow the feet to rest on the bottom of the pool.¹⁰ This exercise can be performed with or without displacement. Moreover, deep water running can be an effective form of cardiovascular conditioning for both injured athletes and individuals who need aerobic exercise without impact on the joints of the lower limbs.¹¹

Several studies have shown that exercise involving vertical displacement, such water-based exercise, and an increase in cadence result in a rise in angular velocity and, consequently, oxygen uptake (VO₂) and heart rate (HR).^{1,12–15} These responses also have been found with increasing linear velocity in horizontal displacement exercises, such as water walking.^{16–20} However, in deep water running, it is not yet clear which factors directly influence the increase in cardiorespiratory responses at submaximal intensities. According to studies previously cited, the increase in exercise intensity, either by cadence (angular velocity) or speed (linear velocity), maximizes the cardiorespiratory response, largely because the drag force increases with the increase in velocity.²¹

Furthermore, an increase in the projected frontal area increases the resistance of the movement, contributing to elevated cardiorespiratory responses. In deep water running, resistance can be increased by using different arm movements²² and alternating

running with and without displacement.³ In this way, Kanitz et al.³ compared deep water running with and without displacement in a submaximal cadence of 80 bpm. The authors observed no significant differences in VO₂, energy expenditure (EE) or perceived exertion (PE) and stated that the low linear velocity of horizontal displacement at a submaximal cadence (80 bpm) may have contributed to the resistance, which was maximized to influence other variables.

Although there is interest in evaluating cardiorespiratory responses during deep water running, there are few studies that have analyzed responses to different intensities and execution forms. There are many factors that influence cardiorespiratory variables during water immersion, causing different physiological responses or varying interpretations in study conclusions. It is important to highlight these influences so that fitness professionals can appropriately prescribe exercises performed in an aquatic environment.

Due to the growing number of participants in varying types of water exercise, it is necessary to understand the physiological responses so that water exercise programs, such as deep water running, can be adapted to the goals of the participants. Thus, the aim of the present study was to compare cardiorespiratory responses for young women during deep water running with and without displacement at different cadences.

Methods

Subjects

The sample was composed of twelve young, physically active women between 19 and 26 years of age. Subjects were selected through verbal invitation to scholarship holders within a

Table 1

Mean and standard deviation (SD) of physical characteristics, including age, body mass, height, body mass index (BMI), maximal heart rate (HR_{max}) and maximal oxygen uptake (VO_{2max}).

	Mean	\pm SD
Age (y)	23.25	1.96
Body mass (kg)	57.91	7.13
Height (m)	161.46	5.57
BMI ($kg\ m^{-2}$)	20.98	5.09
HR_{max} (bpm)	190.00	5.00
VO_{2max} ($ml\ kg^{-1}\ min^{-1}$)	34.83	5.15

community project coordinated by the School of Physical Education at the Federal University of Rio Grande do Sul (ESEF/UFRGS). The sample size was calculated in PEPI (Version 4.0) at a significance level of 0.05 and a power of 90%. Subject characteristics are shown in Table 1.

All participants read and signed the informed consent form. The study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS: No. 2008192). For inclusion in the sample, the candidates had to be healthy, to be non-smokers, and not currently be taking medications. In addition, all subjects were participating in a community project of deep water running for at least six months as teachers and/or instructors of this modality.

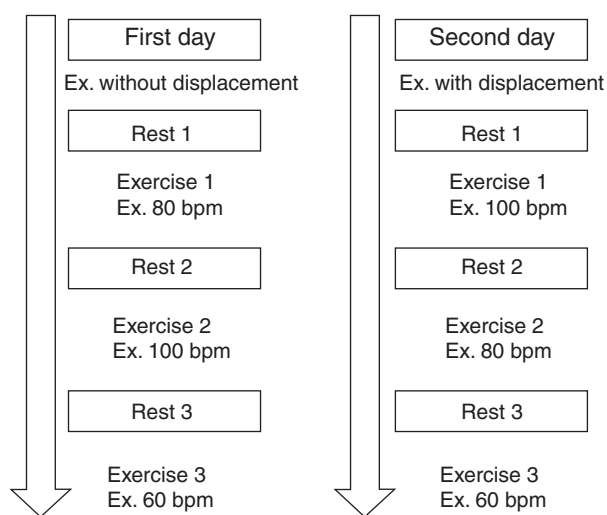
Experimental procedures

All subjects attended a session where they signed the informed consent form and completed the personal data form, and both weight and height were recorded. In addition, a familiarization session and two exercise sessions were scheduled for each subject. The order of the exercise sessions was randomized, and, for every subject, a minimum of 48 h was scheduled between each session.

All sessions were held in the Swimming Center at Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS) in a deep pool measuring 16 m wide, 25 m long and 2 m deep. The water was maintained at a temperature of 30 °C, which is considered thermally neutral for water-based exercise.²³ In the familiarization session, the correct technique for deep water running with the floatation vest in two execution forms (with and without displacement) was demonstrated well as was the cadences used in the tests, Borg's Scale (6–20) and the neoprene mask used for gas collection.

The exercise sessions consisted of performing deep water running with and without horizontal displacement for 4 min at three submaximal cadences (60, 80 and 100 bpm), which were reproduced with the aid of a digital metronome (model MA-30, KORG). The cadence order and execution form (with and without displacement) were randomized. The test without displacement was performed with one end of a cable attached to the subject through the floatation vest and the other end fixed at the pool's edge. We asked the subjects to maintain stride amplitude during the entire test, and subjects were assisted through visual feedback from the researcher. The participants were asked not to eat or consume stimulants during the 3 h prior to each test. In addition, subjects were asked not to practice heavy physical exercise 12 h prior to the tests.²⁴

Before each test, subjects remained at rest in a supine position for 30 min to assess the at-rest VO_2 . To ensure that all subjects started the tests with the same metabolic status, the values of the initial at-rest VO_2 were used as a reference point for the remaining VO_2 values during the test. Following the rest period, the first exercise test began at a determined cadence and execution form. The subject then rested long enough for the VO_2 values to lower to that of the initial at-rest VO_2 . Exercise was then performed again using the same execution form, but a different cadence. The subject

**Fig. 1.** Protocol for the exercise sessions.

rested again, and then, the final exercise test was performed using the same execution form and the last cadence (Fig. 1).

HR, VO_2 and ventilation (Ve) were collected every 10 s during the two test sessions. A frequency meter (Polar, model FS1) was used to measure HR. A portable gas analyser (INBRAMED, model VO2000) was used to determine VO_2 and Ve . The equipment was calibrated according to the manufacturer's instructions prior to each collection. Immediately following the end of the exercise, RPE was collected according to the Borg-6-20 RPE scale.

Data treatment

During the rest period prior to each test, the mean value obtained for the last 3 min of VO_2 was calculated. For each test, the average of the VO_2 , Ve and HR values were obtained between the third and fourth minutes.

Statistical analysis

Descriptive statistics were used for data analysis, and the data are reported as the mean \pm SD. The Shapiro–Wilk test for normality was used. Two-way ANOVA for repeated measures and Bonferroni's post hoc test were used to identify whether each subject started the exercise tests with cardiorespiratory responses similar to those at rest (factors were moment and day) and to determine significant differences in the cardiorespiratory variables (factors were execution form and cadence). Statistical significance was established as $\alpha = 0.05$, and the SPSS (Version 20.0) statistical package was employed.

Results

The resting VO_2 values are shown in Table 2. The results showed that the individuals began the exercise sessions with a similar metabolic status, indicating that the magnitude of the responses found during the exercise tests can be attributed to the effort required to complete them.

The pattern of the cardiorespiratory variables during exercise performed in both execution forms at each cadence is presented in Figs. 2–6. According to the results, we can note that, with the increase in cadence, there is a significant increase in HR ($p < 0.001$), Ve ($p < 0.001$), RPE ($p < 0.001$) and both absolute ($p < 0.001$) and relative VO_2 ($p < 0.001$). Furthermore, we found significantly higher values for Ve ($p = 0.007$), PE ($p = 0.054$) and both absolute ($p = 0.047$)

Table 2Oxygen uptake (VO_2) values in two days of test (1 day; 2 day) and at different times of day (Rest1; Rest2; Rest3).

	Times	1 Day		2 Day		Times	Day	Time \times day
		Mean	\pm SD	Mean	\pm SD			
VO_2 ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$)	Rest 1	0.18	0.07	0.17	0.05	0.517	0.167	0.451
	Rest 2	0.17	0.03	0.17	0.05			
	Rest 3	0.19	0.07	0.16	0.06			

and relative VO_2 ($p=0.028$) during deep water running with displacement when compared to running without displacement. There was no significant difference between the two execution forms ($p=0.065$) for HR.

Discussion

According to the results, the cadence significantly influenced all the variables, and the values of the cardiorespiratory variables increased with the increase in cadence. Similar results are observed in exercise without horizontal displacement, such as water-based exercise.^{1,12–14} Alberman et al.¹³ found that cardiorespiratory responses ($\%HR_{\text{max}}$ and $\%\text{VO}_{2\text{max}}$) increased with

increasing cadence during stationary running. The authors used the same cadences as those used in the present study, which were 60, 80 and 100 bpm. Similar results were observed by Raffaelli et al.¹⁵ who evaluated the VO_2 , Ve , HR and RPE responses of five water-based exercises at different cadences (110–120 bpm, 120–130 bpm and 130–140 bpm) and observed a significant increase in these variables with increasing cadence.

In exercises with horizontal displacement, such as water walking, these results occur with increasing linear speed.^{18,19,25–27} Hall et al.¹⁸ evaluated the HR and VO_2 responses during submaximal exercise on a water treadmill. The tests were performed at speeds of 3.5, 4.5, and 5.5 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. The cardiorespiratory variables increased linearly with an increase in the speed of the exercise. Shono et al.²⁵

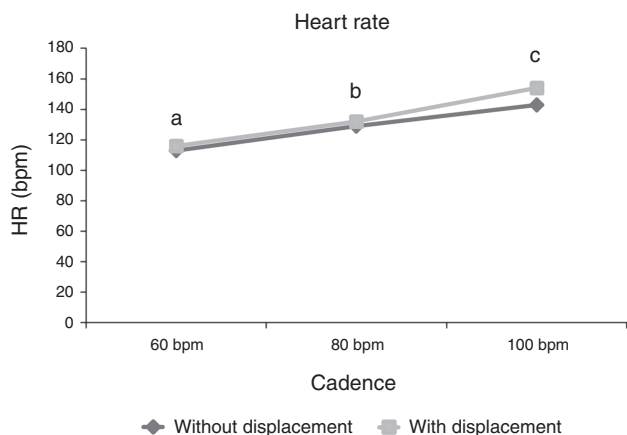


Fig. 2. Heart rate (HR) behavior at different cadences (60, 80 and 100 bpm) and different execution forms (with and without displacement). Different letters represent statistically significant difference between cadences for both execution forms ($p \leq 0.05$). *represents statistically significant difference between execution forms ($p \leq 0.05$).

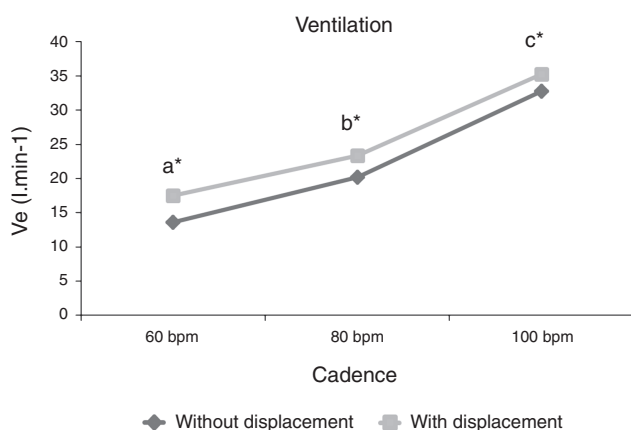


Fig. 3. Ventilation (Ve) behavior at different cadences (60, 80 and 100 bpm) and different execution forms (with and without displacement). Different letters represent statistically significant difference between cadences for both execution forms ($p \leq 0.05$). *represents statistically significant difference between execution forms ($p \leq 0.05$).

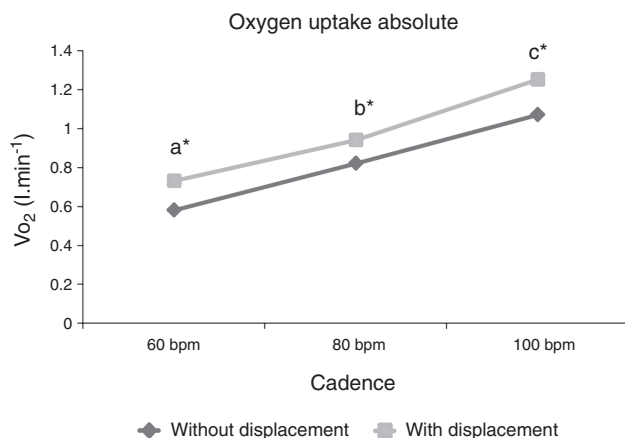


Fig. 4. Absolute oxygen uptake (VO_2) behavior at different cadences (60, 80 and 100 bpm) and different execution forms (with and without displacement). Different letters represent statistically significant difference between cadences for both execution forms ($p \leq 0.05$). *represents statistically significant difference between execution forms ($p \leq 0.05$).

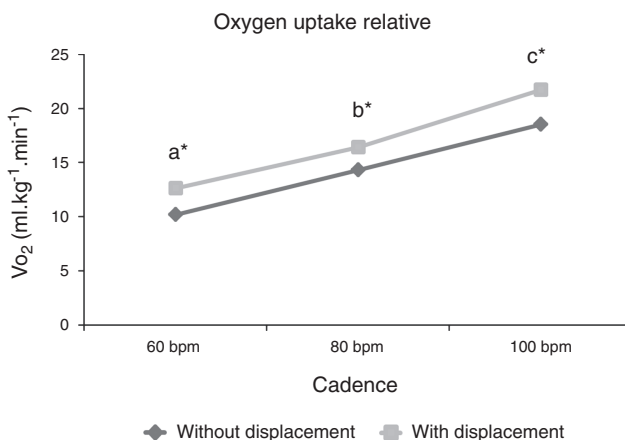


Fig. 5. Relative oxygen uptake (VO_2) behavior at different cadences (60, 80 and 100 bpm) and different execution forms (with and without displacement). Different letters represent statistically significant difference between cadences for both execution forms ($p \leq 0.05$). *represents statistically significant difference between execution forms ($p \leq 0.05$).

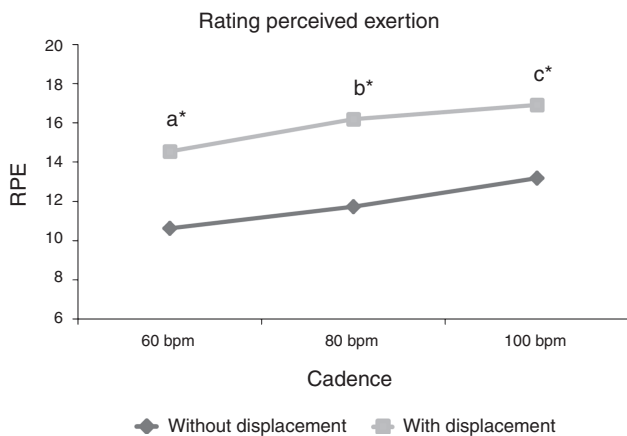


Fig. 6. Rating perceived of exertion (RPE) behavior at different cadences (60, 80 and 100 bpm) and different execution forms (with and without displacement). Different letters represent statistically significant difference between cadences for both execution forms ($p \leq 0.05$). *represents statistically significant difference between execution forms ($p \leq 0.05$).

evaluated HR, VO_2 and EE during water walking at speeds of 20, 30, 40 and 50 $m \cdot min^{-1}$. The authors observed an exponential increase in these variables with the increase in speed.

These responses occur due to the increase in corporal velocity in relation to the water, which leads to a large increase in resistance. This greater drag force can be explained by the fact that the velocity (s) is squared and directly proportional to the resistance (R), which can be represented as a general fluid equation ($R = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot s^2 \cdot Cd$).²¹ Thus, the increase in speed causes greater resistance to forward motion and, consequently, results in an increase in exercise intensity, maximizing the cardiorespiratory response and RPE.

Moreover, the results showed that the displacement effect significantly influenced the VO_2 , V_e and RPE variables, resulting in higher values for deep water running with displacement when compared to running without displacement. Deep water running performed with horizontal displacement results in a larger projected area than running without horizontal displacement, particularly as horizontal displacement involves the trunk segment as the projected area in addition to segments of the thigh and leg. Thus, as the velocity, the projected area (A) is also directly related to increases in the resistance to the advancement (R).²¹

Similar results were found by Alberton et al.²⁸ who observed that responses for HR and VO_2 were greater for water aerobics exercises with the greatest projected area in the same cadence of execution (60 bpm). The exercise frontal kick to 90° with horizontal shoulders flexion and extension showed significantly higher values, while the jumping jacks with arms pushing alternately to the front showed significantly lower values. The authors suggest that these responses are related to different projected areas of each exercise, different muscle mass involved and varying range of motion. In a study by Cassady and Nielsen¹ the authors observed that the subjects reached a higher intensity when performing water exercise, with the lower limbs at each cadence tested when compared to exercise performed with the upper limbs. The authors suggest that this result occurred due to greater lower limb length, representing a higher projected area in relation to the upper limbs.

However, Kanitz et al.³ did not find a significant difference between deep water running with and without displacement in cardiorespiratory responses at a cadence of 80 bpm. The authors believe that, despite the increased resistance to exercise with horizontal displacement, the lower displacement velocity may have contributed to submaximal resistance, which influences the variables. However, in the present study, differences between the displacement forms were observed for all cadences, including

80 bpm. This difference between studies may be due to the higher sample size in the present study (12 subjects) compared to the results of Kanitz et al.³ who recruited only six subjects.

Nevertheless, in the present study, HR did not show significant differences between the execution forms with and without displacement. It is believed that with a larger sample size (only seven subjects were available for analysis due to problems encountered with the HR monitor), we would have detected significant differences because the p value was marginally significant ($p = 0.065$).

Based on results from the present study, we can conclude that the cardiorespiratory responses and rating of perceived exertion can be maximized by increasing the performance cadence. Moreover, deep water running performed with displacement shows higher responses when compared to running without displacement for oxygen uptake, ventilation and rating of perceived exertion. Therefore, it is suggested that, according to the goals of a given deep water running class, instructors can use varying velocities and forms of displacement. For example, an interval class could alternate deep water running without displacement that has a perceived exertion of 11 (light – perceived exertion for the 60 bpm cadence) with deep water running with displacement that has a perceived exertion of 17 (very hard – perceived exertion for the 80 bpm cadence).

Conflict of interest

The authors declare to have no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors specially thanks FAPERGS, CAPES and CNPq Brazilian Government Association for its support to this Project.

References

- Cassady SL, Nielsen DH. Cardiorespiratory responses of healthy subjects to calisthenics performed on land versus in water. *Phys Ther.* 1992;75:532–8.
- Kruel LFM. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. Santa Maria, Brazil: Universidade Federal de Santa Maria; 2000 [tesis doctoral].
- Kanitz AC, Silva EM, Alberton CL, Kruel LFM. Comparação das respostas cardiorespiratórias de mulheres jovens realizando um exercício de hidroginástica com e sem deslocamento nos meios terrestre e aquático. *Rev Bras Educ Fís Esporte.* 2010;24(3):353–62.
- Miyoshi T, Shirota T, Yamamoto S, Nakazawa K, Akai M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. *Disab Rehab.* 2004;26(12):724–32.
- Kruel LFM. Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de Água. Santa Maria, Brazil: Universidade Federal de Santa Maria; 1994 [tesis máster].
- Barela AMF, Stolf SF, Duarte M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006;16:250–6.
- Barela AMF, Duarte M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(3):446–54.
- Fontana HB, Hauptenthal A, Ruschel C, Hubert M, Ridehalgh C, Roessler H. Effect of gender, cadence, and water immersion on ground reaction forces during stationary running. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(5):437–45.
- Alberton CL, Tartaruga MP, Pinto SS, Cadore EL, Antunes AH, Finatto P, et al. Vertical ground reaction force during water exercise performed at different intensities. *Int J Sports Med.* 2013;34:1–7.
- Dowzer CN, Reilly T. Deep-water running. *Sports Exerc Injry.* 1998;4:56–61.
- Wildor RP, Brennan DK, Aqua running. En: O'Connor F, Wildor RP. The textbook of running medicine. New York: McGraw-Hill; 2001. p. 579–88.
- Alberton CL, Coertjens M, Figueiredo PAP, Kruel LFM. Behavior of oxygen uptake in water exercises performed at different cadences in and out of water. *Med Sci Sports Exer.* 2005;37(5):S103.
- Alberton CL, Tartaruga MP, Pinto SS, Cadore EL, Silva EM, Kruel LFM. Cardiorespiratory responses to stationary running at different cadences in water and on land. *J Sports Med Phys Fitness.* 2009;49(2):142–51.
- Alberton CL, Cadore LC, Pinto SS, Tartaruga MP, Silva EM, Kruel LFM. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and dry land. *Eur J Appl Phys.* 2011;111(6):1157–66.
- Raffaelli C, Lanza M, Zanolla L, Zamparo P. Exercise intensity of head-out water-based activities (water fitness). *Eur J Appl Phys.* 2010;109:829–38.

16. Whitley JD, Schoene LL. Comparison of heart rate responses: water walking versus treadmill walking. *Phys Ther.* 1987;67(10):1501–4.
17. Gleim GW, Nicholas JA. Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. *Am J Sports Med.* 1999;17(2):248–52.
18. Hall J, McDonald IA, Maddison PJ, O'hare JP. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. *Eur J Appl Phys.* 1998;77:278–84.
19. Shono T, Fujishima K, Hotta N, Ogaki T, Ueda T, Otoki K, et al. Physiological responses and RPE during underwater treadmill walking in women of middle and advanced age. *J Phys Anthro Appl Hum Sci.* 2000;19(4):195–200.
20. Pohl MB, McNaughton LR. The physiological responses to running and walking in water at different depths. *Res Sports Med.* 2003;11:63–78.
21. Alexander R. Mechanics and energetics of animal locomotion. In: Alexander R, Goldspink G, editors. *Swimming.* London: Chapman and Hall; 1977. p. 222–48.
22. Oliveira AS, Posser MS, Alberton CL, Krue LFM. Influência de diferentes movimentos dos membros superiores nas respostas cardiorrespiratórias da corrida em piscina funda. *Motriz.* 2011;17(1):71–81.
23. Sheldahl LM, Wann LS, Clifford PS, Tristani FE, Wolf LG, Kalbfleish JH. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. *J Appl Phys.* 1984;52(6):1662–7.
24. Cooke CB, Eston R, Reilly T. Metabolic rate and energy balance. En: *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual.* London: E & FN Spon; 1996. p. 175–95.
25. Shono T, Fujishima K, Hotta N, Ogaki T, Ueda T. Physiological responses to water-walking in middle aged women. *J Phys Anthro Appl Hum Sci.* 2001;20(2):119–23.
26. Shono T, Fujishima K, Hotta N, Ogaki T, Ueda T. Cardiorespiratory response to low intensity walking in water and on land in elderly women. *J Phys Anthro Appl Hum Sci.* 2001;5:269–74.
27. Masumoto K, Shono T, Hotta N, Fujishima K. Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(4):581–90.
28. Alberton CL, Olkoski MM, Pinto SS, Becker ME, Krue LFM. Cardiorespiratory responses of postmenopausal women to different water exercises. *Int J Aquat Res Educ.* 2007;1(4):363–72.



Original

Consumo de oxigênio durante ciclismo na máxima fase estável de lactato sanguíneo até a exaustão: modelo contínuo vs. intermitente

T. Grossl^{a,*}, L.F. Barbosa^b, R.D. de Lucas^a e L.G.A. Guglielmo^a^a Laboratório de Esforço Físico, Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil^b Laboratório de Avaliação da Performance Humana, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 8 de fevereiro de 2013

Aceite a 21 de fevereiro de 2014

Palavras-chave:

Respostas fisiológicas

Capacidade aeróbia

Performance submáxima

Ciclismo

R E S U M O

Objetivo: Analisar o consumo de oxigênio (VO_2) acumulado e o tempo em que o VO_2 é mantido (TMcg) em elevados valores durante o exercício realizado na máxima fase estável de lactato (MLSS) determinada de forma contínua (MLSS_{con}) e intermitente (MLSS_{int}) até à exaustão.

Método: Catorze ciclistas treinados realizaram um teste incremental máximo no cicloergômetro; 2-5 testes contínuos e 2-4 testes intermitentes, para determinação da MLSS_{con} e MLSS_{int}, respectivamente; por fim mais 2 testes até a exaustão (TTE) (contínuo e intermitente), conduzidos nas respectivas cargas de MLSS.

Resultados: O TTE contínuo foi significativamente menor do que o TTE intermitente ($54,7 \pm 10,9$ vs. $67,8 \pm 14,3$, respectivamente; $p = 0,001$). O VO_2 da carga (VO_{2cg}) foi significativamente maior na condição intermitente ($p < 0,05$), em ambas as situações (MLSS e TTE). Por outro lado, o TMcg e o VO_2 acumulado na carga (VO_{2ACcg}) foram maiores na condição contínua ($p < 0,0001$), em ambas as situações. O total de VO_2 acumulado (VO_{2ACT}) foi similar entre as condições contínuas e intermitentes ($104,7 \pm 8,7$ L vs. $103,9 \pm 41,1$ L para a MLSS e $193,8 \pm 41,1$ L vs. $226,4 \pm 53,0$ L para o TTE, respectivamente).

Conclusão: Os exercícios contínuo e intermitente realizados com a mesma duração ou até a exaustão, e em condições metabólicas similares, apresentam valores de VO_{2ACT} similares, embora o TMcg e o VO_{2ACcg} sejam inferiores no exercício intermitente.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Consumo de oxígeno durante ciclismo en la máxima fase estable de lactato sanguíneo hasta el agotamiento: modelo continuo vs. intermitente

R E S U M E N

Objetivo: Analizar el consumo de oxígeno (VO_2) acumulado y el tiempo en que el VO_2 es mantenido (TMcg) en valores elevados, durante el ejercicio realizado en la máxima fase estable de lactato (MLSS), determinada de forma continua (MLSS_{con}) e intermitente (MLSS_{int}) hasta el agotamiento.

Método: Catorce ciclistas entrenados realizaron un test incremental máximo en el cicloergómetro; 2-5 test continuos y 2-4 test intermitentes, para determinación de la MLSS_{con} y MLSS_{int}, respectivamente; por último realizaron 2 test hasta el agotamiento (TTE) (continuo e intermitente), a las respectivas cargas de MLSS.

Resultados: El TTE continuo fue significativamente menor que el TTE intermitente ($54,7 \pm 10,9$ vs. $67,8 \pm 14,3$, respectivamente; $p = 0,001$). El VO_2 de la carga (VO_{2cg}) fue significativamente mayor en la condición intermitente ($p < 0,05$), en ambas situaciones (MLSS y TTE). Por otro lado, el TMcg y el VO_2 acumulado en la carga (VO_{2ACcg}) fueron mayores en la condición continua ($p < 0,0001$), en ambas las situaciones. El total de VO_2 acumulado (VO_{2ACT}) fue similar entre las condiciones continuas e intermitentes ($104,7 \pm 8,7$ L vs. $103,9 \pm 41,1$ L para a MLSS y $193,8 \pm 44,1$ L vs. $226,4 \pm 53,0$ L para el TTE, respectivamente).

Keywords:

Physiological response

Aerobic capacity

Submaximal performance

Cycling

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: talitagrossl@gmail.com (T. Grossl).

Conclusión: Los ejercicios continuo e intermitente realizados con la misma duración o hasta el agotamiento, y en condiciones metabólicas similares presentan valores de VO_2ACT similares, aunque el $TMcg$ y el VO_2ACcg sean inferiores en el ejercicio intermitente.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Oxygen uptake during cycling at maximal lactate steady state to exhaustion: Continuous vs. intermittent model

A B S T R A C T

Palabras clave:

Respuestas fisiológicas
Capacidad aeróbica
Prueba submáxima
Ciclismo

Objective: The aim of this study was to analyse the accumulated oxygen uptake (VO_2), as well the maintained time ($TMcg$) at high levels during a maximal lactate steady state (MLSS) exercise, determined in continuous (MLSS_{con}) and intermittent (MLSS_{int}) modes, until exhaustion.

Method: Fourteen trained cyclists performed an incremental maximal testing; 2-5 continuous and 2-4 intermittent constant workload trials, in order to identify the MLSS_{con} and MLSS_{int}, respectively; two tests until exhaustion (TTE) (continuous and intermittent) were conducted using their respective MLSS workloads.

Results: The continuous TTE was significantly lower than TTE at intermittent protocol (54.7 ± 10.9 vs. 67.8 ± 14.3 min; $p = 0.001$). The VO_2 at target workload (VO_{2cg}) was higher at intermittent exercise ($p < 0.05$), at both situations (MLSS and TTE). On the other hand, $TMcg$ and the VO_2 accumulated in MLSS workloads (VO_2ACcg) were higher during continuous mode ($p < 0.0001$), at both situations. The total VO_2 accumulated (VO_2ACT) was similar between intermittent and continuous cycling (MLSS: 104.7 ± 8.7 L vs. 103.9 ± 41.1 L and TTE: 193.8 ± 41.1 L vs. 226.4 ± 53.0 L, respectively).

Conclusion: When MLSS continuous and intermittent were performed with same duration or until exhaustion, the VO_2ACT was similar, although the $TMcg$ and VO_2ACcg were smaller during intermittent exercise.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introdução

A máxima fase estável de lactato (MLSS) representa a mais alta concentração de lactato sanguíneo que pode ser mantida ao longo do tempo, sem um contínuo acúmulo no sangue¹. Além de representar o limite superior do domínio fisiológico pesado, a MLSS parece indicar uma intensidade interessante para prescrição do treinamento de *endurance*, já que o treinamento sistemático com cargas acima deste limite pode conduzir o atleta ao *over-reaching* e *over-training*²⁻³.

A realização de exercícios intermitentes que, por padrão, consistem de breves períodos de trabalho de alta intensidade entre-meados por períodos relativamente curtos de recuperação, tem sido, em grande parte, utilizado para o treinamento da capacidade aeróbia⁴⁻⁵, traduzindo no que convém-se chamar de treinamento intervalado. Este tipo de treinamento apresenta como grande vantagem a possibilidade de realizar a mesma duração de exercício com uma maior intensidade ou a mesma intensidade por um período de tempo maior comparado ao que seria suportado durante o exercício contínuo.

Essa vantagem se dá em virtude de alterações metabólicas (ressíntese de creatina fosfato e/ou remoção de lactato) ocorridas durante os períodos de recuperação⁶⁻⁷, permitindo que, em intensidades absolutas distintas, sejam alcançadas condições metabólicas similares⁸⁻¹¹. Desse modo, a utilização de intensidades correspondentes à MLSS determinada de forma contínua pode não ser um

método adequado para a prescrição do treinamento intervalado com recuperação passiva⁵ ou ativa¹⁰.

Diferentes estudos¹²⁻¹³ têm demonstrado que o treinamento intervalado pode acarretar adaptações fisiológicas mais eficientes, comparado ao treinamento contínuo. O aumento do estresse sobre as estruturas e processos associados à utilização do (oxigênio) O_2 para a produção de energia tem sido apontado como um dos fatores para tal eficiência. Thevenet et al.¹⁴ sugerem que o tempo em que o consumo de oxigênio (VO_2) é mantido em valores percentuais próximo ao máximo é um bom critério para julgar a efetividade do estímulo de exercício. De acordo com Barbosa et al.¹⁵, tal fator pode não ser capaz de explicar, por si só, a melhor eficiência do treinamento intervalado quando este é comparado ao treinamento contínuo, ambos realizados em intensidade de MLSS. Estes autores observaram que durante um exercício de 30 min, o tempo em que o VO_2 é mantido na carga ($TMcg$), assim como o VO_2 acumulado na carga (VO_2ACcg) foram maiores no exercício contínuo comparado ao exercício intervalado (utilizando 4 mi de exercício por 2 min de recuperação ativa). Assim, o objetivo deste estudo foi analisar e comparar o VO_2 acumulado e o tempo em que o VO_2 é mantido em elevados valores durante o exercício realizado na MLSS determinada de forma contínua e intervalada até à exaustão. Baseado em estudos anteriores que relatam os efeitos do exercício intermitente e o compararam com o exercício contínuo, foi hipotetizado que o VO_2ACcg e o tempo em que o VO_2 é mantido próximo aos valores da carga imposta (i.e. MLSS) possam ser semelhantes, em

decorrência do maior tempo de exaustão que o exercício intermitente permite¹⁶.

Métodos

Sujeitos

Participaram deste estudo 14 ciclistas treinados, do sexo masculino (idade = 30 ± 5 anos; massa corporal = $76,5 \pm 7,0$ kg; estatura = $176,9 \pm 5,6$ cm; $P_{\max} = 337 \pm 32,4$ W e; $VO_{2\max} = 59,9 \pm 9,6$ ml kg^{-1} min^{-1}).

Todos os participantes tinham pelo menos 3 anos de experiência com treinamento e competições de ciclismo de nível regional. No período que precedeu o estudo, os atletas treinavam 5-6 dias por semana com um volume de treinamento semanal de 320-360 km. O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinki e o protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (protocolo 056/2009).

Modelo experimental e equipamentos utilizados

Os sujeitos foram instruídos a chegarem ao laboratório em repouso e bem hidratados, com pelo menos 3 h pós-prandial e a não realizarem exercícios intensos nas 48 h precedentes aos testes. Cada voluntário realizou os testes no mesmo período do dia (± 2 h) para minimizar os efeitos das variações biológicas¹⁷. Inicialmente, foi realizado um teste incremental máximo em um cicloergômetro com frenagem eletromagnética (Ergo-Fit 167 Cycle®, Pirmasens, Alemanha) para determinar o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\max}$), a potência aeróbia máxima (P_{\max}), a frequência cardíaca máxima (FC_{\max}) e o limiar anaeróbio (LAN).

Para a determinação de $MLSS_{con}$ e $MLSS_{int}$, foram realizados de 2-5 testes contínuos e de 2-4 testes intermitentes de carga constante, respectivamente. Identificadas as cargas de $MLSS$, cada atleta realizou um teste até a exaustão (TTE), em ordem aleatória (contínuo vs. intermitente). A cadência preferida (± 5 rev min^{-1}) de cada participante foi adotada em todos os testes e permaneceu constante em todo o experimento. Todos os testes para determinação de $MLSS_{con}$, $MLSS_{int}$, TTE contínuo e TTE intermitente (TTE_{con} e TTE_{int}, respectivamente), iniciaram com 5 min de aquecimento a 50% da P_{\max} . Os sujeitos realizaram um teste por dia, e estes foram separados por pelo menos 48 h. Cada participante completou todas as avaliações dentro de um período de 3-4 semanas.

O VO_2 foi mensurado respiração a respiração utilizando um analisador de gases de circuito aberto (Quark PFT Ergo®, Cosmed, Roma, Itália). O analisador foi calibrado imediatamente antes de cada teste usando o ar ambiente (assumido que contém 20,94% de O_2 e 0,03% de dióxido de carbono) e foi certificado por um padrão alfa de gases contendo 16,0% de O_2 e 5,0% de dióxido de carbono (White Martins Ltda, Osasco, Brasil). A turbina usada para a determinação da ventilação por minuto teve uma resistência de $< 0,7$ cm H_2O L^{-1} a uma taxa de fluxo de 12 L s^{-1} e uma acurácia de $\pm 2\%$, sendo calibrada com uma seringa de 3-L (Quark PFT Ergo®, Cosmed, Roma, Italy). A frequência cardíaca (FC) foi gravada continuamente durante todos os testes por meio de um monitor de FC incorporado ao analisador de gases. Amostras sanguíneas (25 μ l) foram coletadas do lóbulo da orelha e foram colocadas dentro de microtubos contendo 50 μ l NaF (1%), e a concentração de lactato sanguíneo ([La]) foi determinada por método eletroquímico (YSL 2700 STAT, Yellow Springs®, OH, EUA).

Protocolo incremental

O teste incremental máximo iniciou a 105 W e teve aumento de 35 W, a cada 3 min, até à exaustão voluntária¹⁸. Cada participante

foi verbalmente encorajado a atingir o máximo esforço. A cadência preferida (± 5 rev min^{-1}) de cada participante foi adotada. Os dados de VO_2 foram reduzidos às médias de cada 15 s. O $VO_{2\max}$ foi o valor mais alto obtido nestes intervalos de 15 s. A obtenção do $VO_{2\max}$ foi verificada utilizando o critério proposto por Howley et al.¹⁹. A FC_{\max} foi o maior valor de FC obtido durante o teste. As amostras sanguíneas foram coletadas durante os 15 s finais de cada 3 min. A P_{\max} foi determinada de acordo com a equação proposta por Kuipers et al.²⁰.

Determinação da máxima fase estável de lactato contínua e intermitente

Para a determinação da $MLSS_{con}$, cada teste de carga constante teve duração de 30 min. A potência do primeiro teste correspondeu a [La] de $3,5$ $mmol$ L^{-1} (LAN), obtido previamente no teste incremental máximo. Amostras sanguíneas foram coletadas no 10.º, 20.º e 30.º min do teste de carga constante, a fim de verificar o comportamento do [La].

A intensidade inicial para determinação da $MLSS_{int}$ foi 5% acima da $MLSS_{con}$. A identificação da $MLSS_{int}$ foi similar ao protocolo contínuo, porém com uma duração total de 35 min, devido aos intervalos de 1 min (recuperação passiva) depois de cada 5 min de exercício com uma razão esforço/pausa de 5:1 (fig. 1). Amostras sanguíneas foram coletadas no 11.º, 23.º e 35.º min (ou seja, na segunda, na quarta e na sexta repetição de 5 min).

Se durante o primeiro teste de carga constante houvesse uma estabilização ou uma diminuição dos valores de [La], os testes subsequentes seriam realizados com um acréscimo de 5% na potência, em dias distintos, até a estabilidade da [La] não fosse mais obtida. Por outro lado, se houvesse um aumento na [La] e/ou não pudesse ser completado devido à exaustão, os testes subsequentes seriam realizados com uma redução da carga (5%).

A $MLSS$, para ambos os protocolos, foi identificada para cada atleta como a mais alta potência que pôde ser mantida com um aumento na [La] menor ou igual que 1 $mmol$ L^{-1} durante os últimos 20 min de exercício^{1,21-22}.

O valor da [La] na $MLSS$ foi calculada como sendo a média do 10.º, 20.º e 30.º min da $MLSS_{con}$ e 11.º, 23.º e 35.º min da $MLSS_{int}$.

Determinação do tempo de exaustão contínuo e intermitente

Todos os sujeitos realizaram um TTE na $MLSS_{con}$ e $MLSS_{int}$ previamente determinadas (fig. 1). O VO_2 foi continuamente mensurado de acordo com os procedimentos utilizados no teste incremental. A partir do 30.º min, a cada 10 min, os participantes ingeriram ~ 100 mL de água com a finalidade de evitar a desidratação. Já no protocolo intermitente, os participantes ingeriram a mesma quantidade de água a partir do 35.º min, a cada 2 intervalos (ou seja, 10 min).

O TTE_{con} e o TTE_{int} foi o total do tempo de exercício realizado em cada uma das cargas. Desta forma, as pausas do protocolo intermitente não foram incluídas para a determinação do TTE_{int}. O critério utilizado para verificar a exaustão, em ambos os protocolos de TTE, foi quando os participantes reduzissem em 5 rev min^{-1} a sua cadência preferida por duas vezes consecutivas ou interrompessem voluntariamente²³.

Cinética do consumo de oxigênio e cálculo do VO_2 acumulado

Para determinar os valores do VO_2 acumulado em cada exercício, inicialmente todas as curvas de VO_2 foram ajustadas matematicamente, para obter a constante de tempo (τ) da cinética do VO_2 . Assim, para estimar a cinética do VO_2 , os valores brutos (respiração a respiração) foram manualmente filtrados, a fim de remover respirações discrepantes (ruído/outlier), definidos como

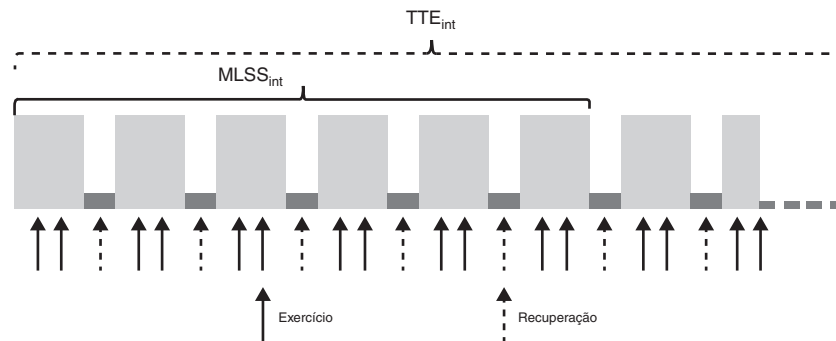


Figura 1. Esquema demonstrativo do exercício intermitente para a determinação da MLSS e do exercício realizado na MLSS até a exaustão. MLSS_{int}: máxima fase estável intermitente; TTE_{int}: tempo de exaustão intermitente.

distantes $\pm 3DP$ da média das 5 respirações anteriores, e interpolados de modo a fornecer valores segundo a segundo. Posteriormente foram calculados valores médios em intervalos de 5 s, além da suavização (*smoothing*) da curva por meio de médias móveis a cada 3 valores. Desta forma, as respostas foram ajustadas utilizando o modelo monoexponencial de acordo com a equação:

$$VO_2(t) = VO_2b + A(1 - e^{-(t/\tau)})$$

onde: $VO_2(t)$ representa o VO_2 no tempo t , VO_2b representa os valores pré-exercício (base), A é a amplitude da assíntota, e τ (*tau*) representa a constante de tempo para a cinética do VO_2 (definida como o tempo requerido para alcançar 63% de A).

Desta forma, no início do exercício contínuo e no início de cada repetição do exercício intermitente, o tempo para alcançar o VO_2 ajustado (VO_{2aj}), ou seja, o VO_2 assintótico, foi definido como $4,6 \times \tau$. O tempo (TM_{cg}) e o VO_2AC_{cg} foram obtidos por subtração do tempo para o ajuste do VO_2 do tempo total do período de exercício (30 min para o exercício contínuo e 5 min para cada repetição do exercício intermitente) (fig. 2). O consumo acumulado de oxigênio total (VO_2Act) foi calculado por meio da integral da área utilizando o método trapezoidal. Para o exercício realizado de forma contínua o mesmo representa o período total de exercício (30 min ou TTE); já para o exercício intermitente, representa o consumo acumulado durante os períodos de exercício (30 min ou TTE) excluindo os períodos de recuperação. O consumo de oxigênio da carga (VO_{2cg}) foi obtido por meio de média aritmética do minuto final de exercício na MLSS (29.^o-30.^o min durante o exercício contínuo; 34.^o-35.^o min durante o exercício intermitente) ou do minuto final do exercício realizado até a exaustão.

Análise estatística

Os dados estão apresentados como média \pm desvio-padrão (DP). A normalidade foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. O teste t de *Student* para dados pareados foi utilizado para comparar todas as variáveis estudadas entre os 2 modos de exercício. A magnitude das diferenças foi verificada pelo critério de *effect size* (ES) e a escala proposta por Cohen²⁴ foi utilizada para a interpretação. As análises foram realizadas utilizando o programa GraphPad Prism para Windows (v. 5,0 GraphPad Prism Software Inc, San Diego, CA, EUA). O nível de significância foi $p < 0,05$ para todas as análises.

Resultados

A tabela 1 apresenta os valores médios \pm DP da potência, TTE e [La] obtidos durante o exercício na carga da MLSS realizado de modo contínuo e intermitente, assim como o ES entre os 2 modos de exercício. Os valores médios de potência, TTE e [La] correspondentes ao exercício contínuo foram significativamente menores quando comparados aos valores obtidos durante o exercício realizado de forma intermitente.

A tabela 2 apresenta os valores médios \pm DP do VO_{2aj} , VO_{2cg} , TM_{cg} , VO_2AC_{cg} e VO_2Act obtidos durante o exercício contínuo e intermitente realizados com 30 min de duração (MLSS) e até a exaustão (TTE). O VO_{2aj} e o VO_{2cg} foram significativamente maiores na condição intermitente ($p < 0,05$) em ambas as situações (MLSS e TTE). O TM_{cg} e o VO_2AC_{cg} foram significativamente maiores na condição contínua ($p < 0,0001$) em ambas as situações.

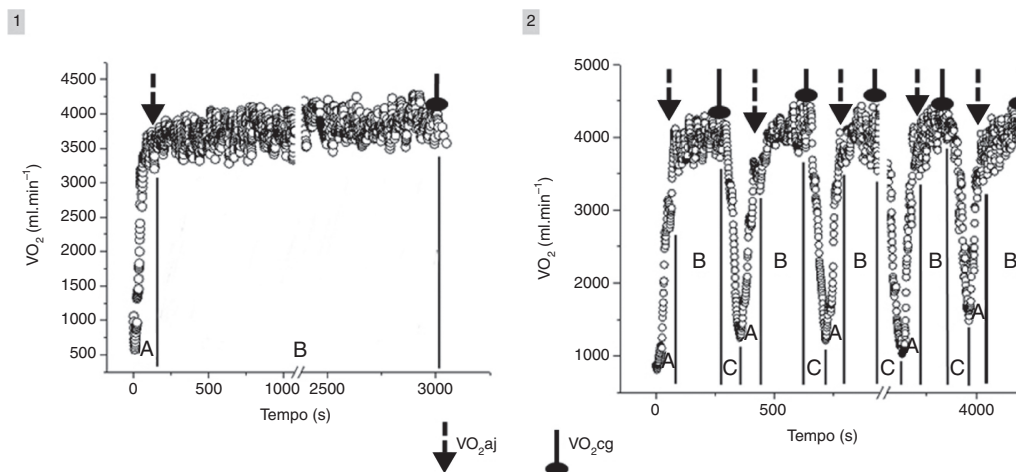


Figura 2. Representação esquemática do consumo de oxigênio durante o exercício contínuo (1) e intermitente (2). A - período necessário para o VO_2 atingir o valor correspondente à carga; B - período onde se considerou que o VO_2 foi equivalente à carga; C - período de recuperação.

VO_2 : consumo de oxigênio; VO_{2aj} : consumo de oxigênio ajustado; VO_{2cg} : consumo de oxigênio na carga.

Tabela 1Valores médios \pm DP da potência (absoluta e relativa), da concentração de lactato sanguíneo e do tempo de exaustão no exercício contínuo e intermitente na MLSS. n = 14

Variáveis	Contínuo	Intermitente	Effect size (descriptor)
Potência (W)	251 \pm 29*	268 \pm 29	0,6 (pequeno/moderado)
%P _{max} (%)	74,3 \pm 3,0*	79,3 \pm 3,2	1,6 (grande)
[La] (mmol L ⁻¹)	3,8 \pm 0,8*	4,6 \pm 1,0	0,9 (moderado)
TTE (min)	54,7 \pm 10,9*	67,8 \pm 14,3	1,1 (moderado/grande)

%P_{max}: percentual da potência máxima; [La]: concentração de lactato sanguíneo; TTE: tempo de exaustão.

* p < 0,05 comparado ao protocolo intermitente.

O VO₂Act não apresentou diferença entre as condições contínuas e intermitentes.

Discussão

Não há na literatura trabalhos que tenham utilizado condição experimental similar a do presente estudo, em especial, com o intuito de analisar o VO₂ durante o exercício realizado em estabilidade metabólica (i. e. MLSS) determinada de forma contínua e intermitente até a exaustão. Esta abordagem apresenta uma grande importância para a prática do treinamento, pois a realização de um esforço intermitente com carga absoluta similar àquela utilizada durante um esforço contínuo, pode acarretar em uma demanda fisiológica menor, alterando as respostas agudas e crônicas ao exercício.

De acordo com os resultados, podemos refutar a hipótese principal uma vez que, ao comparar o exercício realizado até a exaustão, em condição contínua e intermitente, os valores de VO₂ACcg e o TMcg foram maiores na condição contínua. O mesmo comportamento foi observado quando o exercício foi realizado com duração limitada em 30 min. Esta diferença foi verificada mesmo tendo o exercício intermitente sido realizado em uma carga de trabalho absoluta maior (6,8%) e, conseqüentemente, apresentando maiores valores de VO₂aj (~7,2%) e VO₂cg (~5,5%). Os dados do protocolo intermitente oriundos deste estudo concordam com os achados de Barbosa et al.¹⁵ que, embora tenham utilizado um protocolo com razão esforço:pausa diferente (4 min de exercício e 2 min de recuperação ativa), observaram valores médios de VO₂ACcg e TMcg maiores para a condição contínua comparado à condição intermitente durante 30 min de exercício. No presente estudo, no que se refere ao exercício contínuo de 30 min foram encontrados valores de VO₂ACcg e TMcg de 94,2 L e 26,4 min, respectivamente, sendo estes similares ao estudo acima citado (96,7 L e 27,1 min, respectivamente). Por outro lado, o exercício intermitente (razão esforço:pausa de 5:1) apresentou valores médios (VO₂ACcg = 48,3 L e TMcg = 13,3 min) superiores ao estudo de Barbosa et al.¹⁵, o qual observaram valores de 35,1 L e 10,1 min para o VO₂ACcg e o TMcg, respectivamente. Assim, o protocolo adotado durante um exercício

intermitente (i. e. razão esforço:pausa) parece alterar a resposta do VO₂ acumulado durante exercício realizado na MLSS.

É importante ressaltar que, no exercício realizado até a exaustão, o TTE foi aproximadamente 24% maior durante o exercício intermitente, fato demonstrado pelo ES que apresentou magnitude moderada a grande (tabela 1).

Deste modo, as vantagens do exercício intermitente em relação às adaptações aeróbias quando comparadas ao exercício contínuo não parecem ser explicadas somente pelo estímulo ao metabolismo indicado pela interação entre o tempo de exercício e a produção oxidativa de energia (i. e., VO₂Act) quando este é realizado em intensidade de MLSS.

De acordo com Billat et al.², quando o treinamento é realizado em intensidades próximas à MLSS, este é capaz de aumentar o tempo de exaustão, assim como a carga nesta intensidade. Para Laursen e Jenkins²⁵ e Philp et al.³ este tipo de treinamento proporciona forte estímulo para a melhora de aspectos submáximos e máximos relacionados à capacidade aeróbia aumentando a performance aeróbia, em especial, de atletas treinados. Isto pode ocorrer em função da possibilidade de maior acúmulo de estímulos quando comparado ao que poderia ser sustentado durante uma sessão de exercício contínuo²⁶.

Os maiores valores de potência na MLSS_{int} (6,8%) em relação a MLSS_{con} corroboram com os dados obtidos por Beneke et al.⁵, Barbosa et al.¹⁵ e de Lucas et al.¹¹, confirmando a necessidade da determinação direta da MLSS_{int}, quando objetivar a prescrição do treinamento intervalado.

O tempo em que o VO₂ permanece próximo ou no valor máximo (>95% VO₂max) é um dos fatores que tem sido apontado como importante para a promoção de adaptações sobre o sistema aeróbio, quando o exercício é realizado de forma intermitente próximo à intensidade do VO₂max^{27,28}. Diferentemente do que ocorre com o referenciado para exercícios com intensidades máximas (100% VO₂max) ou supramáximas (>100% VO₂max), a interação entre o tempo e a maior taxa metabólica permitida pelo exercício (VO₂ACcg ou VO₂Act) não parece explicar a possível vantagem do exercício intermitente comparado ao contínuo pois, de acordo com os dados apresentados, o exercício contínuo permitiria este maior estímulo

Tabela 2Valores médios \pm DP do consumo de oxigênio ajustado, consumo de oxigênio na carga, tempo de manutenção do consumo de oxigênio na carga, consumo de oxigênio acumulado na carga e consumo de oxigênio acumulado durante os exercícios contínuo e intermitente. n = 14

	30 min- MLSS		TTE- MLSS	
	Contínuo	Intermitente	Contínuo	Intermitente
VO ₂ aj (L.min ⁻¹)	3,5 \pm 0,3*	3,7 \pm 0,4	3,4 \pm 0,3*	3,7 \pm 0,4
VO ₂ cg (L.min ⁻¹)	3,6 \pm 0,3*	3,8 \pm 0,4	3,6 \pm 0,4*	3,8 \pm 0,4
TMcg (min)	26,4 \pm 0,8**	13,3 \pm 2,1	50,7 \pm 10,8**	31,1 \pm 7,7
VO ₂ ACcg (L)	94,2 \pm 9,0**	48,3 \pm 8,9	182,3 \pm 41,3**	115,0 \pm 28,7
VO ₂ Act(L)	104,7 \pm 8,7	103,9 \pm 22,6	193,8 \pm 41,1	226,4 \pm 53,0

MLSS: máxima fase estável de lactato; TMcg: tempo de manutenção do consumo de oxigênio na carga; TTE-MLSS: tempo de exaustão na máxima fase estável de lactato; VO₂ACcg: consumo de oxigênio acumulado na carga; VO₂Act: consumo de oxigênio acumulado; VO₂aj: consumo de oxigênio ajustado; VO₂cg: consumo de oxigênio na carga.

* p < 0,05 quando comparado ao protocolo intermitente.

** p < 0,0001 quando comparado ao protocolo intermitente.

ao organismo podendo, inclusive, impor estresse fisiológico por período maior quando o exercício é realizado nesta condição.

De acordo com Daussin et al.²⁹, o treinamento intervalado provoca maior adaptação central (cardiovascular) e periférica (capacidade oxidativa) comparado ao treinamento contínuo quando estes são realizados com trabalho total similar. Os autores apontam ainda que as variações na carga e nos valores de VO_2 observados durante o exercício intermitente parecem ser mais importantes para o aumento da capacidade aeróbia do que a duração do exercício e o gasto energético total. Assim, a maior ativação da sinalização em decorrência das flutuações no *turnover* de ATP e no fluxo de fosfato de alta energia gerados pelas alterações na carga durante o exercício intermitente, intensificariam mais as vias sinalizadoras acarretando em maior biogênese de mitocôndrias³⁰. As maiores adaptações centrais e periféricas promovidas pelo treinamento intervalado podem estar relacionadas às maiores cargas absolutas de trabalho alcançadas e/ou ao maior número de transições realizadas durante o exercício intermitente³¹. Além disto, o maior valor de [La] observado no modo intermitente sugere que, embora existisse equilíbrio entre a liberação e remoção deste metabólito no sangue, o estímulo sobre o sistema glicólico foi mais acentuado do que no exercício contínuo.

Para Jones e Carter³², o aumento da capacidade aeróbia em indivíduos treinados está relacionado, principalmente, com as adaptações ocorridas em nível muscular (i.e. aumento da quantidade de enzimas oxidativas, mitocôndrias, densidade capilar e aumento dos depósitos de energia). Os valores de VO_2ACt em ambos os protocolos e os menores valores de VO_2ACg verificados no exercício intermitente obtidos em nosso estudo durante o exercício realizado com duração de 30 min ou até a exaustão, e os valores obtidos por Barbosa et al.¹⁵, suportam os dados apresentados por Daussin et al.²⁹, indicando a importância da variação nas taxas de produção de energia para a determinação de adaptações aeróbias.

É preciso ainda considerar que a maior intensidade do exercício intermitente que pode acarretar em maior utilização e adaptações aeróbias das fibras do tipo II e/ou uma mudança no padrão de recrutamento das unidades motoras determinaria um maior recrutamento de fibras do tipo I que, por sua vez, são energeticamente mais eficientes durante um exercício submáximo^{33,34}.

A diversidade de condições nas quais o exercício intermitente pode ser realizado pode representar uma possível limitação para a utilização deste uma vez que estas diferentes condições podem resultar em respostas agudas significativamente diferentes. No entanto, a utilização destes padrões de exercício pode contribuir para o conhecimento de aspectos específicos do exercício intermitente aeróbio submáximo contribuindo desse modo não só para o melhor entendimento das respostas agudas do VO_2 , mas também as implicações que estas respostas podem ter na elaboração e prescrição do treinamento aeróbio.

Finalmente, pôde-se concluir que os exercícios contínuo e intermitente realizados com a mesma duração ou até a exaustão, e em condições metabólicas similares (i.e., MLSS), apresentam valores de VO_2ACt similares, embora o tempo em que o VO_2 é mantido em alto percentual do VO_{2max} e o VO_2ACg sejam inferiores no exercício intermitente. Desse modo, a possível vantagem do treinamento intervalado não parece ser determinada pela interação entre o tempo de exercício e o VO_2 acumulado, nem mesmo quando o exercício é realizado até a exaustão tal como nas condições do presente estudo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

1. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89:95–9.
2. Billat VL, Sirvent P, Lepretre PM, Koralsztein JP. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. *Pflügers Archiv*. 2004;447:875–83.
3. Philp A, Macdonald AL, Carter H, Watt PW, Pringle JS. Maximal lactate steady state as a training stimulus. *Int J Sports Med*. 2008;29:475–9.
4. Billat V. Interval training for performance: A scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Med*. 2001;31:13–31.
5. Beneke R, Hütler M, Duvillard SP, Sellens M, Leithäuser RM. Effect of Test Interruptions on blood lactate during constant workload testing. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:1626–30.
6. Yoshida T, Watari H, Tagawa K. Effects of active and passive recoveries on splitting of the inorganic phosphate peak determined by ³¹P-nuclear magnetic resonance spectroscopy. *NMR Biomed*. 1996;9:13–9.
7. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C, Duffield R. Metabolism and performance in repeated cycle sprints: Active versus passive recovery. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:1492–9.
8. Billat VL, Slawinski J, Bocquet V, Demarle A, Lafitte L, Chassaing P, et al. Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol*. 2000;81:188–96.
9. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state. A bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med*. 2003;33:407–26.
10. Souza MR, Barbosa LF, Carità RAC, Denadai BS, Greco CC. Efeito da recuperação na máxima fase estável de lactato sanguíneo. *Motriz*. 2011;17:311–7.
11. de Lucas RD, Dittrich N, Babel R Jr, Souza KM, Guglielmo LGA. Is the critical running speed related to the intermittent maximal lactate steady state? *J Sports Sci Med*. 2012;11:89–94.
12. McManus AM, Cheng CH, Leung MP, Yung TC, Macfarlane DJ. Improving aerobic power in primary school boys: A comparison of continuous and interval training. *Int J Sports Med*. 2005;26:781–6.
13. Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO_{2max} more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:665–71.
14. Thevenet D, Tardieu-Berger M, Berthoin S, Prioux J. Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2007;99:133–42.
15. Barbosa LF, Greco CC, Denadai BS. Comparação do VO_2 acumulado durante o exercício contínuo e intermitente na máxima fase estável de lactato sanguíneo. *Rev Bras Fisiol Exerc*. 2010;9:39–44.
16. Grossl T, de Lucas RD, Souza KM, Guglielmo LGA. Time to exhaustion at intermittent maximal lactate steady state is longer than continuous cycling exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2012;37:1047–53.
17. Carter H, Jones AM, Maxwell NS, Doust JH. The effect of interday and diurnal variation on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *J Sports Sci*. 2002;20:901–9.
18. Denadai BS, Figueira TR, Favaro ORP, Gonçalves M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Braz J Med Biol Res*. 2004;37:1551–6.
19. Howley ET, Basset DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: Review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:1292–301.
20. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, van-Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med*. 1985;6:197–201.
21. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Holmann W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med*. 1985;6:117–30.
22. Figueira TR, Caputo F, Pelarigo JG, Denadai BS. Influence of exercise mode and maximal lactate-steady-state concentration on the validity of OBLA to predict maximal lactate-steady-state in active individuals. *J Sci Med Sport*. 2008;11:280–6.
23. Fontana P, Boutellier U, Knöpfli-Lenzin C. Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. *Eur J Appl Physiol*. 2009;107:187–92.
24. Cohen J. Statistical power analysis for the Behavioral Sciences. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
25. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: Optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 2002;32:53–73.
26. Seiler S, Hetlelid KJ. The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:1601–7.
27. Midgley AW, McNaughton LR, Wilkinson M. Is there an optimal intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? *Sports Med*. 2006;36:117–32.
28. de Lucas RD, Denadai BS, Greco CC. Respostas fisiológicas durante o exercício contínuo e intermitente: implicações para a avaliação e a prescrição do treinamento aeróbio. *Motriz*. 2009;15:810–20.
29. Daussin FN, Zoll J, Dufour SP, Ponsot E, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, et al. Effect of interval versus continuous training on mitochondrial function in sedentary subjects: Relation to aerobic performance improvements. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2008;295:264–72.

30. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: Potential mechanisms. *J Physiol.* 2010;588:1011–22.
31. Berger NJ, Tolfrey K, Williams AG, Jones AM. Influence of continuous and interval training on oxygen uptake on-kinetics. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:504–12.
32. Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 2000;29:373–86.
33. Gollnick PD, Saltin B. Significance of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clin Physiol.* 1982;2:1–12.
34. Spina RJ, Chi MM, Hopkins MG, Nemeth PM, Lowry OH, Holloszy JO. Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7–10 days of cycle exercise. *J Appl Physiol.* 1996;80:2250–4.



Artigo de Revisão

Patinação de velocidade *in-line*: uma revisão sistemática



T. Piucco, S.G. dos Santos e R.D. de Lucas

Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 1 de março de 2013
Aceite a 20 de fevereiro de 2014

Palavras-chave:

Patinação
Rendimento esportivo
Limiar anaeróbio

Palabras clave:

Patinaje
Rendimiento deportivo
Umbral anaeróbico

Keywords:

Skating
Sport performance
Anaerobic threshold

R E S U M O

A patinação de velocidade *in-line* é uma modalidade que está crescendo nos últimos anos, contudo, ainda é pouco estudada devido a dificuldade de ser reproduzida em laboratório. Neste artigo, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o conhecimento, com base em investigações prévias desta modalidade esportiva. As consultas foram realizadas nas bases de dados LILACS, SCOPUS, PubMed, SciELO, Science Direct, Ovid e Google. Foram incluídos apenas estudos com humanos, publicados em inglês, português, italiano e francês sem restrição de ano de publicação. Do total de 143 artigos, 27 abordaram sobre patinação *in-line*, destes, 14 investigaram as variáveis fisiológicas, 8 as variáveis biomecânicas e 5 investigaram ambas. Seis estudos compararam as respostas fisiológicas durante a patinação com protocolos de corrida ou ciclismo; somente 2 verificaram a validade de um protocolo específico, para determinar indiretamente a capacidade aeróbica de patinadores de velocidade *in-line*. Os resultados dos estudos foram controversos e inconsistentes, revelando que existe a necessidade de investigar profundamente este esporte.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Patinaje de velocidad en línea: una revisión sistemática

R E S U M E N

El patinaje de velocidad sobre ruedas es una modalidad que ha crecido en los últimos años, pero que aún está poco estudiada debido a la dificultad de ser reproducida en laboratorio. En este artículo, fue realizada una revisión bibliográfica sobre el estado del conocimiento con base en las investigaciones ya realizadas acerca de esta modalidad deportiva. Fueron consultadas las bases de datos LILACS, SCOPUS, PubMed, SciELO, Science Direct, Ovid y Google. Se incluyeron estudios con humanos, publicados en inglés, portugués, italiano y francés, sin restricciones de año de publicación. De un total de 143 artículos, 27 tratan del patinaje sobre ruedas; de estos, 14 investigaron las variables fisiológicas, 8 las biomecánicas y 5 investigaron ambas variables. Seis estudios compararon la respuesta fisiológica durante el patinaje con protocolos de carrera o ciclismo; solamente 2 verificaron la validez de un protocolo específico para determinar indirectamente la capacidad aeróbica de los patinadores de velocidad sobre ruedas. Se pudo verificar que los resultados de los estudios fueron controvertidos e inconsistentes, lo cual revela que existe la necesidad de investigar más a fondo este deporte.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

In-line speed skating: A systematic review

A B S T R A C T

The use of *in-line* skates has become popular in recent years for recreational and conditioning purposes. Nevertheless, *in-line* speed skating is not widely investigated yet, due to the difficulty to conduct specific tests under laboratory conditions. This study aimed to investigate the state of the art of *in-line* speed skating researches. A systematic literature review on LILACS, Scopus, PubMed, SciELO, Science Direct,

Correio eletrônico: tatianepiucco@yahoo.com.br (T. Piucco).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2014.02.002>

1888-7546/© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Ovid and Google was performed, including studies on human, which were published in English, Portuguese, Italian or French, with no restrictions related to the year of publication. From a total of 143 articles with skating, 27 investigated the *in-line* skating, of which 14 investigated physiological variables, eight investigated biomechanical variables, and five investigated both variables. Six studies compared the physiological response during skating with running or cycling protocols and only two verified the validity of a specific protocol to indirectly determine the aerobic capacity of *in-line* speed skaters. Finally, the results found were controversial and inconsistent, showing the need of more investigations about this sport.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introdução

A patinação de velocidade *in-line* tem se tornado cada vez mais popular no mundo todo, tanto a nível recreacional quanto competitivo, sendo disputada nos Jogos Pan Americanos, em competições mundiais e provas rústicas¹⁻². As provas de patinação acontecem tanto em pista quanto na rua, com distâncias de 200, 300, 500, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000, 5.000, 10.000, 15.000, 20.000, 30.000, 42.000 e 50.000 metros, e são muito similares às competições de ciclismo, com efeitos de «vácuo», estratégias táticas individuais e por equipes, as quais são de extrema importância para o rendimento².

Assim como nas demais modalidades de *endurance*, a performance na patinação de velocidade é influenciada pelas mudanças nos parâmetros fisiológicos ocasionadas pelo treinamento, como a potência aeróbia (VO_{2max}), a capacidade aeróbia e anaeróbia (limiares de lactato), assim como parâmetros técnicos, tais como posição do tronco e ângulos dos membros inferiores³.

De acordo com Publow¹, poucas investigações têm sido feitas com a patinação de velocidade, tanto no gelo quanto *in-line*, provavelmente devido à dificuldade de reproduzir a prática em ambiente laboratorial, bem como as condições de variações ambientais necessárias para validar e reproduzir os dados deste esporte. A maioria das pesquisas tem investigado a patinação no gelo, enquanto outras fazem prescrição de treinos de patinação derivados de testes incrementais em ciclo ergômetro e esteira de corrida.

Para a determinação da resposta fisiológica durante testes laboratoriais é importante considerar o tipo do protocolo utilizado bem como a especificidade do ergômetro⁴⁻⁵. A cinética de produção e remoção de lactato sanguíneo, por exemplo, ocorre de maneira diferente de acordo com cada pessoa e em função do tipo de exercício, devido à quantidade de massa muscular envolvida⁵.

Por isso, a prescrição de treinos de patinação derivados de testes incrementais em ciclo ergômetro e esteira de corrida não parece apropriado⁶ e, muito provavelmente, não correspondem com a performance e não respeitam a especificidade da demanda fisiológica e biomecânica dessa modalidade. Além disso, a avaliação da qualidade metodológica dos estudos é fundamental para ponderar os resultados obtidos.

Dessa forma, considerando a crescente popularização e profissionalização da patinação *in-line*, associada à importância de se entender as respostas fisiológicas e os padrões técnicos do gesto motor específico para a avaliação da performance, prescrição e controle do treinamento desta modalidade, formulou-se a seguinte questão: quais são e de que forma estão sendo mensuradas e avaliadas as variáveis fisiológicas e biomecânicas relacionadas à performance de patinadores de velocidade *in-line*?

Para responder à referida questão, este estudo objetivou realizar uma revisão sistemática para explorar o estado da arte de estudos que investigaram as variáveis fisiológicas (índices relacionados ao desempenho aeróbio e anaeróbio) e biomecânicas (variáveis

cinemáticas, cinéticas e eletromiografia) relacionadas à performance na patinação de velocidade *in-line* em atletas competitivos.

Método

Foi realizada uma busca estratégica por meio do vocabulário estruturado Descritores em Ciência da Saúde (DeCS) para a busca na base de dados LILACS e o Medical Subject Headings (MeSH) para as bases de dados PubMed, Scopus, Science Direct, Ovid e Google, utilizando-se uma combinação de descritores e excluindo da busca as áreas não pertinentes ao tema.

Critérios de inclusão

Foram considerados os estudos que investigassem os aspectos fisiológicos e biomecânicos da performance na patinação *in-line*, publicado nas línguas inglesa, portuguesa, italiana e francesa, sem restrições quanto ao ano de publicação e faixa etária.

Critérios de exclusão

Foram excluídos os estudos clínicos e epidemiológicos; estudos que investigavam o acometimento de lesões; estudos que não objetivassem avaliar variáveis relacionada a performance na patinação (i. e. relacionados à qualidade de vida, nível de atividade física e saúde); estudos que investigassem a patinação artística ou *skateboard*.

Os termos da busca e a estratégia utilizada estão descritos passo a passo na tabela 1.

As referências bibliográficas dos estudos incluídos na revisão foram revisadas para detectar estudos adicionais. Todos os estudos encontrados foram armazenados no programa gerenciador de referências bibliográficas *End Note Web 3.5*. Posteriormente, os títulos e os resumos foram analisados por 2 revisores que, de forma simultânea e independente, incluíram ou excluíram os estudos

Tabela 1

Estratégia de busca utilizada nas bases de dados

Busca	Estratégia
#1	((TITLE-ABS-KEY((skat*) AND (physiology OR lactate OR performance OR threshold OR vo2 OR incremental test OR anaerobic))
#2	(TITLE-ABS-KEY((skat*) AND (biomechanics OR emg OR kinematics OR kinetics OR dynamometry OR power OR technique))
#3	((AND NOT (injury OR figure OR skateboard OR snowboard) AND (EXCLUDE(SUBJAREA (ceng OR soci OR psyc OR agri OR vete OR eart OR ener OR envi OR busi)))
#4	(#1 OR #2) AND #3 = Busca geral patinação
#5	(TITLE-ABS-KEY(("in-line" OR inline OR roller) AND skat*) AND (biomechanics OR emg OR kinematics OR kinetics OR dynamometry OR power OR technique))
#6	(TITLE-ABS-KEY(("in-line" OR inline OR roller) AND skat*) AND (physiology OR lactate OR performance OR threshold OR vo2 OR incremental test OR anaerobic))
#7	(#5 OR #6) AND #3 = Busca específica patinação <i>in-line</i>

para a presente revisão, considerando os objetivos e os métodos dos estudos e os critérios de inclusão e exclusão; e extraíram as informações dos artigos incluídos. Para isso foi elaborada uma ficha de extração, incluindo as informações sobre o(s) autor(es), a disponibilidade de cada artigo (*full*, *abstract*, resumo expandido ou dissertação), o delineamento/tipo, país onde o estudo foi realizado, o número, o sexo, a faixa etária e o nível dos patinadores avaliados, a área de investigação (fisiologia ou biomecânica), as modalidades e as variáveis investigadas, o protocolo e o tratamento estatístico utilizado, assim como os resultados obtidos. Todas as divergências entre os avaliadores no processo de inclusão dos artigos e extração dos dados foram decididas posteriormente em uma reunião de consenso.

Devido à diversidade entre o delineamento, os métodos e as variáveis mensuradas nos estudos, não foi possível utilizar escalas pré-definidas e validadas para a avaliação da qualidade metodológica dos artigos. Por isso, os protocolos de análise utilizados e os resultados de alguns dos trabalhos mais interessantes foram avaliados e discutidos de forma qualitativa.

Resultados

Foram encontrados mais de 300 artigos na busca #4. Destes foram definidos 143 artigos que investigavam aspectos da performance na patinação. Estes estão apresentados na tabela 2, de acordo com a modalidade de patinação e com a área de investigação de cada estudo (fisiologia, biomecânica ou ambos).

Observa-se na tabela 2 que a maioria das investigações foi realizada com patinação de velocidade no gelo, comparando ou não com demais modalidades (54 no total), seguida das investigações com hóquei no gelo (24) e esqui *cross-country* (17). O domínio fisiológico da performance na patinação foi em geral mais investigado nos trabalhos, exceto para a modalidade de velocidade no gelo, onde o número de pesquisas relacionadas à biomecânica da performance é consideravelmente maior (20 versus 12).

Para a busca específica sobre patinação *in-line* (busca #7), foram encontrados e incluídos 27 estudos no total. Na tabela 3 estão descritas as informações extraídas de cada estudo.

Observa-se na tabela 3 que grande parte dos estudos (14/27) investigaram variáveis relacionadas apenas as respostas fisiológicas da patinação *in-line*, enquanto que 8/27 investigaram variáveis biomecânicas, e apenas 5 estudos investigaram ambas as variáveis.

Nenhum estudo de revisão foi encontrado sobre essa temática. A maioria dos estudos encontrados foram artigos originais do tipo transversal descritivo do tipo diagnóstico, sem intervenção ou grupo controle. Apenas os estudos de Giorgi⁷ e Platen e Schaar⁸ tiveram algum tipo de intervenção (treinamento), e somente o estudo de Melanson et al.⁹ teve intervenção e grupo controle.

Tabela 2

Modalidade e área investigada de cada estudo encontrado na busca #4

Modalidade	Número	Fisiologia	Biomecânica	Ambos
<i>In-line</i>	19	9	8	2
Vel. <i>In-line</i> x Vel. gelo	2	1		1
Vel. <i>In-line</i> x Corrida/ciclismo	4	4	1	
Vel. <i>In-line</i> x Roller esqui	2	1		1
Vel. gelo	42	12	20	10
Vel. gelo x Corrida/Ciclismo	10	5	2	3
Esqui <i>cross-country</i>	17	8	5	3
Hóquei em gelo	24	14	8	2
Roller esqui	9	5	2	2
Patinação (geral)	7		6	1
Esqui (geral)	7	4	2	1

Discussão

A partir dos resultados da busca #4, observou-se um número expressivo de publicação com a modalidade de patinação de velocidade no gelo, o que pode estar relacionado ao fato desta modalidade ser uma das principais modalidades dos Jogos Olímpicos de Inverno, com um número expressivo de praticantes e equipes competitivas, especialmente no hemisfério norte.

Especificamente na patinação *in-line*, alguns estudos foram realizados com patinadores de outras modalidades como atletas de hóquei¹²⁻¹³, esqui^{11,18,28,32} e de patinação no gelo^{14,17,24}, que realizaram testes utilizando patins *in-line*. Outros estudos compararam as respostas biomecânicas e fisiológicas máximas e submáximas na corrida^{9,20,24,27,30} ou ciclismo^{6,17,21,27,30} com a patinação *in-line*, e 2 estudos investigaram a validade de testes específicos para avaliação da performance de patinadores *in-line*^{15,31}. Os restantes estudos encontrados investigaram a força e a pressão plantar gerada nos patins em diferentes situações^{16,19,23,25} e as adaptações neuromusculares em patinadores iniciantes^{22,29}. Os estudos serão agrupados em tópicos específicos para a discussão, como segue.

Patinação *in-line* versus esqui

Com intuito de comprar as demandas fisiológicas entre a patinação *in-line* e roller esqui, Baum et al.¹¹ compararam o consumo de oxigênio (VO₂), a frequência cardíaca (FC), a razão de trocas gasosas (RER) e a concentração de lactato sanguíneo [Lac] de biatletas nas intensidades submáximas de 2 e 4 mmol.l⁻¹ e na velocidade máxima (VM), não encontrando diferenças entre a velocidade média atingida e entre as variáveis investigadas. Já Hoffman et al.¹⁸ não encontraram diferenças entre o VO₂, FC durante a patinação *in-line* convencional e a patinação *cross-country* 'V1', enquanto que a técnica de roller esqui 'double pole' obteve VO₂ menores nas 3 velocidades submáximas investigadas.

Com relação à investigação e comparação entre as variáveis biomecânicas, a técnica *double-push* de patinação *in-line* adaptada para o esqui *cross-country* foi 2,9 ± 2,2% mais rápida em relação a técnica convencional 'V2', mostrando ainda um aumento no comprimento e uma diminuição na frequência do ciclo da passada, seguido de uma maior ativação muscular, maiores amplitudes e velocidades de extensão do joelho, e maiores picos de forças e cargas laterais na bota, especialmente na fase inicial da propulsão²⁸. Nas provas de slalom, a duração da fase de giro foi significativamente menor com patins *in-line* do que com esquis e, de 7 músculos investigados, somente o eretor da espinha obteve maior ativação durante o esqui, provavelmente devido a menor velocidade atingida com patins *in-line*³².

Os resultados deste estudo sugerem que a patinação *in-line* pode ser uma alternativa válida para atletas de diferentes modalidades de esqui no gelo em períodos fora de estação, visto que possuem algumas semelhanças tanto técnicas quanto metabólicas, e que a técnica *double-push* de patinação *in-line* mostrou-se mais eficiente e rápida do que a técnica convencional, e pode ser positivamente transferida para o esqui *cross-country*.

Patinação *in-line* versus patinação no gelo

Com relação às respostas fisiológicas durante testes de esforço submáximos em pista, os estudos mostram que a FC e o VO₂ durante a patinação *in-line* foram significativamente maiores do que na patinação no gelo, indicando um maior gasto metabólico na patinação *in-line*¹², tanto em pista de asfalto quanto concreto¹³. Entretanto, durante a avaliação em teste de esforço supra máximo, não foram encontradas diferenças significativas entre os valores pico de VO₂, VE ou FC entre as modalidades, apenas a RER foi maior na patinação *in-line*¹⁴.

Tabela 3Informações sobre os artigos com patinação *in-line* incluídos na revisão

Autor	Disp	País	N/sex/ nível	Idade	Modalidade	Protocolo	Variáveis	Resultados
Allinger et al. ¹⁰	Full	CAN	n.a	n.a	Patinação geral	Otimização de modelo simulado	Duração, Vel, P e direção da passada	P méd Vel méd n.º técnicas
Baum et al. ¹¹	Full	ALE	8 M Comp	20,4 ± 3,9	<i>In-line</i> , roller esqui	Pista. Sub à 2 mmol, 4 mmol e máx.	VO ₂ , FC, RER e [Lac]	Não houve dif. entre as modalidades
Carroll et al. ¹²	Abs	EUA	12 M Comp	n.i	<i>In-line</i> , gelo	Pista. 3 min sub à 12,5, 16,5, e 20 km.h ⁻¹ .	VO ₂ , FC	VO ₂ , FC na pat <i>in-line</i> em todas as vel
Cartwright ¹³	Diss	CAN	10 M Comp	18-23	<i>In-line</i> , gelo	Pista. Sub. à 20, 21,4 e 22,8 km.h ⁻¹ . Dif. rodas e rolamento	VO ₂ , FC	VO ₂ com rolamentos de semi-precisão. VO ₂ e FC na pat <i>in-line</i>
De Boer et al. ¹⁴	Full	HOL	8 M Comp	32,8 ± 12,2	<i>In-line</i> , gelo	Pista. Sup de 2.800 m	VO ₂ , VE, RER, FC, Vel, P, W, θ	RER, θ Joelho e t de deslize e trajetória, t da passada, e vel ang do Joelho na pat <i>in-line</i>
Droghetti et al. ¹⁵	Full	ITA	2 n.i Trein	n.i	<i>In-line</i>	Pista. Teste de Conconi adaptado	[Lac], PDFC	A vel PDFC coincidiu com o LAN
Eils e Kupelwieser ¹⁶	Exp	ALE	30 M n.i	30,3 ± 7	<i>In-line</i>	Pista. Sub à 18 e 24 km.h ⁻¹	Pressão plantar, impulso	No segundo pico de pressão e no impulso na a 24 km.h ⁻¹
Foster ¹⁷	Full	EUA	3 F; 7 M Comp	25,4 ± 2,6	<i>In-line</i> , ciclismo	Esteira e gelo. 4 min sub à 19,8, 23,4 e 27 km.h ⁻¹ , e máx. Dif posições	VO ₂ , FC, [Lac] e desaturação de O ₂ .	Desaturação O ₂ posição abaixada; [Lac], FC e VO ₂ na pat <i>in-line</i>
Giorgi ⁷	Exp	ITA	3 F; 3 M Não trein	14-16	<i>In-line</i> (programa de trein)	<i>Step test</i> , 3 min	FC, P, W	Correl positiva entre FC de treino e P estimada
Hoffman et al. ¹⁸	Abs	EUA	10 M n.i	n.i	<i>In-line</i> , roller esqui	Pista. 4 min sub 14,6, 16,4, e 18,0 km.h ⁻¹	VO ₂ , FC	VO ₂ na técnica <i>double pole</i> . Sem dif entre V1 e <i>in-line</i>
Jerosch et al. ¹⁹	Abs	ALE	8 M n.i	n.i	<i>In-line</i>	Pista. Vel continua 15, 20 e 25 km.h ⁻¹	Vibrações	Vibrações na vel 25 km.h ⁻¹
Krieg ⁶	Full	ALE	8 M Comp	25 ± 6	<i>In-line</i> , cilismo	Pista. Incr. de 3 km.h ⁻¹ a cada 3 min c/inter de 1 min	FC, VO ₂ , [Lac], F arrasto	No VO ₂ e FC na pat <i>in-line</i> a [4 mmol.l ⁻¹]. VO ₂ devido ao «vácuo»
Mahar ²⁰	Full	EUA	7 F; 4 M Trein	21 ± 2	<i>In-line</i> , corrida	Esteira, vel preferida	Vibrações	Vibrações na pat <i>in-line</i>
Martinez et al. ²¹	Abs	ESP	n.i Comp	n.i	<i>In-line</i> , corrida, ciclismo	Pista. 3 testes incr. desc.	VO ₂ , FC, [Lac], TE	VO ₂ , FC, TE e [Lac] na corrida
Melanson et al. ⁹	Full	EUA	11 F; 8M Não trein	33,3 ± 7,6	<i>In-line</i> , corrida (progr de trein)	Esteira, incr. de 2% inc cada 2 min	VO ₂	Similar no VO ₂ entre as modalidades
Millet et al. ²²	Full	FRA	8 M Não trein	21,5 ± 3,2	<i>In-line</i>	Pista, 6 min à 19,8 e 25,2 km.h ⁻¹	VO ₂ , FC	VO ₂ no vácuo a 19,8 km.h ⁻¹
Petrone ²³	Exp	ITA	1 M Comp	n.i	<i>In-line</i>	Pista, n.i	F vertical e lateral nas rodas dos patins	F nas 2 primeiras rodas (reta) e no patim externo durante curvas
Platen e Schaar ⁸	Full	ALE	n.i Não trein	38,3 ± 10,2	<i>In-line</i> (progr de trein)	Pista. Incr de 3 km.h ⁻¹ a cada 5-6 min	[Lac], FC, glicemia, HDL, LDL	HDL e capacidade de <i>endurance</i> . Glicemia
Rundell ²⁴	Full	EUA	7 M Comp	18 ± 2,6	<i>In-line</i> , corrida	Esteira. Incr. de 4 min e máx à 14,5 km.h ⁻¹ com incl 1%/min, dif posições	VO ₂ , [Lac],	VO ₂ e [Lac] na posição baixa durante patinação <i>in-line</i> , quando comparada com posição alta, média e corrida
Schindelwig et al. ²⁵	Exp	ÁUS	8 M Não exper e exper	n.i	<i>In-line</i>	60 min e 3 min à 12 km.h ⁻¹	Pressão plantar, atrito, duração da passada, VO ₂	Correl entre pressão plantar, VO ₂ e atrito do rolamento
Shiratori e Latash ²⁶	Full	EUA	3 F; 5 M Não exper	20-52	<i>In-line</i>	Parado, mov de ombro bilateral e unilateral	AM e ajuste postural	AM do TA e SOL durante mov bilaterais sobre os patins
Snyder et al. ²⁷	Abs	EUA	2 F; 7 M Treinados	n.i	<i>In-line</i> , corrida, ciclismo	3-6 testes sub a 30 e 90% do VO _{2max} .	VO ₂ , FC, [Lac]	FC e VO ₂ na pat <i>in-line</i> a [4 mmol.l ⁻¹]
Stoggl et al. ²⁸	Abs	ÁUS	13 (n.i) Comp	n.i	<i>In-line</i> , esqui <i>cross country</i>	Pista. Tiros máximos de 100 m.	θ, pressão plantar, AM	Vel, comp passada, AM e pico de força na bota utilizando a técnica <i>double push</i> no esqui <i>cross country</i>
Thompson e Bélangier ²⁹	Abs	CAN	n.i	n.i	<i>In-line</i>	30 min de patinação	Vibração, reflexo H, força, AM	30% reflexo H, 10% CVM e propriocepção do tornozelo
Wallick et al. ³⁰	Full	EUA	16 M Não trein	24,8 ± 5,7	<i>In-line</i> , corrida	Pista. 3 testes c/incr. 1,6 km.h ⁻¹ a cada 3 min.	Gasto calórico, FC, VO ₂	FC, VO ₂ na patinação <i>in-line</i> , gasto calórico semelhante
Zapata ³¹	Full	COL	30 M Comp	n.i	<i>In-line</i>	Pista, incr. 0,8 km.h ⁻¹ a cada 3.200 m, int de 45 s.	LV, FC, Vel, PDFC	Houve correlação entre os métodos LV e o PDFC para determinação da FC e da Vel
Zeglinski ³²	Full	EUA	5 M Comp	38 ± 4	<i>In-line</i> , esqui	Pista, slalom <i>in-line</i> (5.º incl) e esqui (24.º incl)	AM de 7 músculos	AM do músculo eretor espinhal no esqui

ALE: Alemanha; AM: ativação muscular; ÁUS: Áustria; CAN: Canadá; COL: Colômbia; ESP: Espanha; EUA: Estados Unidos da América; F: feminino; FC: frequência cardíaca; FRA: França; HOL: Holanda; incl: inclinação; incr: incremental; ITA: Itália; [Lac]: concentração de lactato sanguíneo; LV: limiar ventilatório; M: masculino; máx: máximo; n.a: não se aplica; n.i: não informado; P: potência; PDFC: ponto de deflexão da FC; RER: razão de trocas gasosas; sub: submáximo; VE: ventilação pulmonar; Vel: velocidade; VO₂: consumo de oxigênio; θ: variáveis angulares.

A comparação entre as variáveis relacionadas à técnica mostrou que a potência produzida, o trabalho por passada, frequência de passada, efetividade da propulsão e os parâmetros angulares do quadril foram iguais entre a patinação de velocidade *in-line* e no gelo; a VM atingida, a trajetória, o tempo da passada e a velocidade angular do joelho foram menores na patinação *in-line*; o tempo de deslize e o ângulo do joelho na fase de deslize (7,5%) foram maiores na patinação *in-line*¹⁴.

Os resultados dos estudos levam a crer que, apesar de possuírem características semelhantes, a transferência completa entre a patinação *in-line* e no gelo é limitada, pois as diferenças em aspectos biomecânicos como a intensidade e tempo de aplicação de forças, manutenção de posturas e características cinemáticas lineares e angulares do movimento, levam a uma diferença na demanda fisiológica de cada modalidade. As diferenças foram mais evidenciadas nas intensidades submáximas, onde ocorre uma maior especificidade da participação dos sistemas energéticos e alterações nos principais índices fisiológicos, devido às alterações neuromusculares causadas por fatores como maiores forças de atrito, diferenças na ativação muscular devido à diferença na posição angular dos segmentos e alterações no fluxo sanguíneo dos membros inferiores, devido às altas forças intramusculares¹⁷.

Patinação *in-line* versus ciclismo

Alguns dos estudos incluídos na revisão compararam as respostas fisiológicas máximas e submáximas em protocolos de patinação e em cicloergômetro. Os resultados de alguns estudos mostraram semelhanças entre os índices VO_{2max} , FC_{max} , $[Lac]$ ^{6,21} e tempo de exaustão (TE)²¹ durante testes máximos, e no VO_2 em testes submáximos²⁷, enquanto outros mostraram diferenças tanto nas respostas máximas quanto submáximas nestes 2 modos de exercício^{6,17}.

Foster et al.¹⁷ encontraram uma diminuição no VO_{2max} , no VO_2 a 4 mmol.l^{-1} , no débito cardíaco (DC) e no volume de ejeção, e um aumento na resistência vascular sistêmica na diferença arteriovenosa de O_2 e no % de desaturação de O_2 no músculo vasto lateral, durante testes máximos e submáximos de patinação *in-line* na esteira em comparação com testes nas mesmas intensidades em cicloergômetro. Já no estudo de Krieg et al.⁶, durante um teste com cargas submáximas correspondentes a concentração de 4 mmol.l^{-1} , tanto o VO_2 quanto a FC foram significativamente maiores durante a patinação *in-line*, com uma alta variabilidade nos valores de FC.

A diferença nos protocolos adotados em cada estudo pode ter sido responsável pela diferença nos resultados. Foster et al.¹⁷ adotaram uma posição fixa de angulação de joelho durante os testes, com um protocolo com cargas submáximas e máximas com velocidades fixas e duração de 4 minutos; Snyder et al.²⁷ adotaram cargas relativas ao VO_{2max} ; Martinez et al.²¹ adotaram cargas incrementais descontínuas até a exaustão, e Krieg et al.⁶ adotaram um protocolo incremental de esforço contínuo com duração de 3 minutos em cada carga. A falta de protocolos válidos para se avaliar as respostas máximas e submáximas na patinação pode ter causado a divergência entre os resultados.

As possíveis respostas às diferenças encontradas no teste em ciclo ergômetro são a redução da quantidade de ativação muscular durante o ciclismo comparado a patinação¹⁷. Por isso, os resultados encontrados nos estudos de Foster et al.¹⁷ e Krieg et al.⁶ nos levam a crer que a utilização de testes em ciclo ergômetro para caracterizar a aptidão aeróbia de patinadores *in-line* de alto nível ou para a prescrição de treinos não parece apropriado. Todavia, o ciclismo pode ser praticado pelos patinadores como um ótimo treino complementar, por provocar adaptações fisiológicas semelhantes às que ocorrem durante a patinação.

Patinação *in-line* versus corrida

Semelhante ao ciclismo foram encontrados resultados divergentes entre os estudos que compararam a patinação *in-line* e a corrida. Durante a patinação *in-line* observou-se uma diminuição no VO_2 ^{21,24,27}, aumento na $[Lac]$ ^{21,24}, diminuição na FC ^{21,30} e no TE²¹, aumento na FC ²⁷ e gasto calórico semelhante³⁰. A divergência entre os valores de FC entre os estudos de Martinez et al.²¹ e Snyder et al.²⁷ pode estar atribuída ao protocolo adotado em cada estudo (3 testes descontínuos até a exaustão e de 3-6 testes submáximos com cargas entre 30-60% do VO_{2max} , respectivamente). Não foi possível obter maiores detalhes sobre os protocolos, pois ambos os artigos ficaram restritos apenas a leitura dos resumos.

Um aumento similar do VO_{2max} e TE entre corredores ($9,3 \pm 1,3\%$ e $14,9 \pm 2,5\%$, respectivamente, no teste de corrida em esteira) e patinadores *in-line* ativos ($6,6 \pm 1,0\%$ e $9,1 \pm 3,4\%$ no teste de corrida em esteira e $8,6 \pm 1,8\%$ e $7,9 \pm 2,9\%$ no teste de patinação em esteira) foi encontrado por Melanson, Freedson e Jungbluth⁹, após 9 semanas de treino para diferentes grupos em cada modalidade, com volume de 3 dias por semana, 20-40 min por sessão, 80-90% FC_{max} , incluindo treino contínuo e intervalado. Os autores concluem que, para indivíduos ativos, melhoras similares no VO_{2max} são alcançadas com programas tanto de corrida quanto de patinação que tenham volume e intensidade de treino equivalentes. Com objetivos similares, porém sem intervenção de treinamento, Wallick et al.³⁰, apesar das diferenças entre FC e VO_2 , encontraram cargas metabólicas similares (inclinação da curva e intercepção no eixo y entre a relação FC/VO_2) para a mesma FC em ambas as modalidades em sujeitos ativos.

Com relação às vibrações transmitidas para diferentes regiões corporais, os estudos mostram que tanto a frequência quanto a amplitude das vibrações, medidas por meio de acelerômetros, são cerca de 50% menores durante a patinação *in-line* em comparação à corrida²⁰. Ocorre um aumento da aceleração de acordo com o aumento da velocidade de patinação¹⁹ e o índice de atenuação da aceleração da tíbia até a cabeça ocorre nas mesmas proporções entre as modalidades (entre 73-75%).

Por outro lado, outros estudos elucidam efeitos adversos advindos das forças e vibrações geradas durante a patinação *in-line*. Após uma sessão de patinação de 30 minutos, Thompson e Bélanger²⁹ encontraram uma inibição de 30% do reflexo de Hoffman, representado pela resposta elétrica do músculo sóleo ao estímulo elétrico na fossa poplíteia, além de uma queda de 10% na CVM dos músculos flexores plantares uma redução de 50% da propriocepção do tornozelo dos sujeitos após a patinação. Outros autores encontraram valores de força de 2 vezes o peso corporal nas 2 primeiras rodas dos patins durante curvas²³, e que as forças de pressão plantar aumentam e as forças de impulso diminuem com o aumento da velocidade¹⁶.

A partir dos resultados dos estudos, pode-se concluir que, mesmo sendo a patinação *in-line* um modo efetivo de exercício aeróbio, as adaptações ao treinamento para a patinação *in-line* na concentração de 4 mmol.l^{-1} de lactato pode não ser tão pronunciada quanto na corrida. Por isso, a fim de se obter medidas fidedignas que correspondam com a performance de patinadores *in-line*, deve-se realizar avaliações em testes específicos que reproduzam a demanda fisiológica dessa modalidade e não utilizar testes de corrida ou ciclismo para tal.

Como mostram os estudos, devido às menores cargas de impacto geradas durante o contato de cada pé no solo, a patinação *in-line* é uma modalidade de exercício que pode ser utilizada para aqueles que desejam reduzir os impactos durante os treinos aeróbicos. Optar pela prática da patinação *in-line* evita o acometimento de diversas lesões e degeneração articular causadas pelas cargas

de impacto. Contudo, sabe-se que determinada intensidade de carga de impacto é necessária para o remodelamento ósseo³³.

Por isso, a prática da patinação *in-line* deve ser complementada por atividades complementares que envolvam algum tipo de impacto ou cargas nas inserções ósseas, como por exemplo, corrida ou musculação. Além disso, deve ser enfatizada a execução correta da técnica e a utilização de rodas adequadas para cada condição de pista, a fim de absorver corretamente as vibrações geradas durante a patinação.

Posicionamento corporal na patinação *in-line*

Na patinação de velocidade *in-line*, os estudos mostram que a postura corporal grupada e a posição de flexão constante do joelho interferem no fluxo de sangue para os músculos da perna e do quadril^{17,24}, diminuindo o VO_{2max} ²⁴, o VO_2 , a FC, o volume sistólico (VS), e o DC¹⁷ e aumentando a [Lac]^{17,24} e a desaturação de O_2 do músculo vasto lateral¹⁷. De acordo com Foster et al.¹⁷ e Rundell²⁴, estas alterações ocorrem devido a uma restrição do fluxo sanguíneo sobre os membros inferiores, atribuída às altas forças intramusculares e ao longo ciclo da passada.

A partir desses resultados, pode-se inferir que somente uma alta VO_{2max} não garante sucesso na patinação de velocidade *in-line*, visto que a postura adotada e a flexão constante do joelho interferem no fluxo de sangue para os músculos dos membros inferiores, e aumenta a importância do sistema enérgico da glicólise anaeróbia. O trabalho de força específica à composição das fibras musculares e a habilidade de tolerar e remover o lactato produzido são citadas como as variáveis mais importantes durante a patinação¹⁴.

Aparentemente, os estudos mostram que ocorre uma desvantagem fisiológica ao se adotar uma posição muito baixa de patinação. Porém, outros estudos com simulações e modelagem computacional sugerem que uma diminuição de 9° no ângulo do joelho resulta em uma melhora de 1 s.volta⁻¹ na velocidade³⁴, ou seja, contrabalaneando a redução no VO_{2max} . Por isso, com o auxílio das adaptações específicas adquiridas ao longo dos anos de treinamento, cada atleta deve encontrar sua posição ideal e otimizar os fatores biomecânicos e fisiológicos de maneira individualizada, a fim de atingir uma maior vantagem técnica sem, contudo, exaurir sua capacidade fisiológica.

Efeito do vácuo na patinação *in-line*

Dois estudos procuraram investigar a eficiência do «vácuo» na patinação *in-line*. O primeiro comparou as respostas fisiológicas durante um incremental de patinação em pista, no qual 2 atletas patinaram juntos durante 6 minutos, em 2 velocidades diferentes (30 e 33 km.h⁻¹)⁶. O efeito do «vácuo» apresentou uma redução de 15% sobre VO_2 a 30 km.h⁻¹ e 14% a 33 km.h⁻¹. Estes resultados concordam com os encontrados no segundo estudo, por Millet et al.²² que, além da investigação em diferentes velocidades (19,8 e 25,2 km.h⁻¹), investigaram o efeito do «vácuo» em 2 distâncias de separação entre os patinadores (0,7 e 1,36 metros). O gasto energético dos patinadores foi reduzido em todas as condições de vácuo, porém, foi significativamente maior na menor velocidade, e não houve diferenças entre as condições de distância.

Os resultados de ambos os estudos mostram que o efeito do «vácuo» em reduzir o gasto metabólico é diminuído, provavelmente devido à dificuldade técnica em manter o sincronismo e uma posição aerodinâmica em altas velocidades. Estes efeitos são mais pronunciados durante as curvas^{6,22}. Por isso, a técnica de «vácuo» deve ser enfatizada durante os treinos, principalmente para patinadores iniciantes, em altas velocidades e em curvas.

Efeito e controle do treinamento

Dois estudos incluídos na revisão investigaram os efeitos⁸⁻⁹ e um estudo investigou mecanismos de controle do treinamento na patinação *in-line*⁷. Giorgi⁷ utilizou somente o monitoramento da FC para estimar as cargas de treino em patinadores de alto nível, durante um programa de treinamento de 4 anos, com 6 patinadores com idade entre 14-16 anos, no início do período de treinamento. O programa consistiu em 4-7 sessões de treino de 90-150 min por semana. Durante o período competitivo os principais objetivos do treino foram VO_{2max} e força, e nos demais períodos um programa padrão de treinamento foi realizado. Em todas as sessões de treinamento a FC foi registrada e a potência muscular foi calculada a cada mês por meio do *step test* (sobe e desce) com cadência constante. A relação entre FC e potência (W) foi utilizada para estimar o trabalho total realizado em cada sessão de treino. Foi encontrada uma correlação significativa (> 0,9) entre a FC e a W estimada durante os treinos, o que sugere que a FC pode ser utilizada para ter uma estimativa geral das cargas de treino e auxiliar os treinadores a investigar os efeitos reais do treinamento na patinação *in-line*.

Para investigar os efeitos do treinamento, Platen e Schaar⁸ desenvolveram um modelo de programa de orientação individualizada de treinamento para patinadores *in-line*, com duração de 111 dias e sem maiores informações sobre o volume e intensidades do treinamento, objetivando melhorar suas condições físicas, capacidade de *endurance* e prevenir a ocorrência de lesões. Foi realizada uma avaliação pré e pós-intervenção, por meio de um teste incremental que iniciou a 10 km.h⁻¹, com incrementos de 3 km.h⁻¹ a cada 5-6 minutos, com coletas de lactato sanguíneo em cada estágio. Os resultados mostraram uma melhoria da capacidade de *endurance* (aumento da velocidade correspondente à [Lac] de 4 mmol.l⁻¹ de 19,3 para 20,5 km.h⁻¹) e melhora do perfil lipídico dos participantes. Além disso, a técnica de patinação e de frenagem foi otimizada, reduzindo o acometimento de lesões.

Melanson, Freedson e Jungbluth⁹ também identificaram melhorias no condicionamento cardiorrespiratório, causadas por treinos de patinação *in-line*, com volume de 3 dias por semana, 20-40 minutos por sessão, a 80-90% da FC_{max} , incluindo treinos contínuos e intervalados. Após 9 semanas, por meio de um protocolo incremental em esteira com estágios de 2 minutos, que iniciava em 2% de inclinação com incrementos de 2%, os autores observaram aumentos significativos no VO_{2max} e no tempo de exercício nos patinadores (8,6 ± 1,8% e 7,9 ± 2,9% respectivamente), na mesma proporção da melhora ocorrida com um grupo de corredores que seguiram um volume e intensidade de treino equivalente.

Ambos os modelos de treinamento utilizados nos estudos de Platen e Schaar⁸ e Melanson, Freedson e Jungbluth⁹ demonstraram melhorias significativas da performance em patinadores não treinados, e sugerem que estes programas em grande escala auxiliam na prevenção de lesões e doenças e providenciam a saúde e o bem estar, além de serem bem aceitos pela população. Confirmando estes pressupostos, de acordo com Wallick et al.³⁰, a intensidade de treino na patinação *in-line* entre 17,2-30 km.h⁻¹ corresponde a 60-70% do VO_{2max} ou 75-90% da FC_{max} e gasto calórico de 9,5-19 kcal.min⁻¹³⁰, e estão dentro das recomendações da ACSM.

Porém, a comparação entre os resultados dos estudos fica comprometida devido à divergência entre os protocolos de avaliação utilizados, bem como a falta da utilização de um protocolo específico, validado para tal. No estudo de Giorgi⁷, a utilização do *step-test* para as estimativas de potência muscular, baseada na FC, torna-se um método muito subjetivo e duvidoso, pois não corresponde com a especificidade do movimento de patinação e não estima diretamente os índices desejados. Por isso, este método deve ser utilizado com cautela quando o objetivo é estimar as cargas de treinos e não deve ser utilizado para a prescrição, controle ou investigação das

adaptações específicas causadas pelo treinamento em patinadores *in-line*.

Avaliação da performance na patinação *in-line*

Dos estudos encontrados na literatura, os únicos que objetivaram investigar a validade de testes para avaliação da performance de patinadores *in-line* foram os de Droguetti et al.¹⁵ e Zapata³¹.

Droguetti et al.¹⁵ aplicaram o protocolo de Conconi et al.³⁵ adaptado, determinaram a relação entre a velocidade e a FC em diferentes modalidades, incluindo patinação *in-line*. Foi observada uma relação linear no aumento da velocidade e da FC até uma determinada velocidade submáxima, correspondente ao ponto de deflexão da FC (PDFC), a partir da qual o aumento na intensidade excedeu o aumento na FC. Os autores investigaram ainda a [Lac] em 2 patinadores, durante patinação em velocidades constantes (3 velocidades abaixo e 3 acima da velocidade correspondente ao PDFC), sustentadas por uma distância de 2.000 m, com coleta de sangue venoso ao final do teste e 5 minutos após. Os resultados mostraram que o limiar anaeróbio (LAN) coincidiu com a velocidade correspondente ao PDFC.

Zapata³¹ objetivou verificar a validade de um protocolo incremental máximo e intervalado, em pista, para avaliar a capacidade aeróbia de patinadores *in-line*. O LAN foi determinado de forma indireta, por meio do limiar ventilatório (LV), do PDFC e da VM atingida, utilizando o método contínuo de Conconi et al.³⁵ e o método intervalado de Probst³⁶. O protocolo foi aplicado em 30 patinadores e teve início a uma velocidade de 24 km.h⁻¹, com incrementos de 0,8 km/h⁻¹ a cada 4 voltas completas na pista (800 m), e uma pausa de 45 s entre cada incremento. O tempo médio de duração do teste foi de 44,18 minutos, percorrendo uma distância de aproximadamente 14 km. O VO_{2max} médio do grupo foi 55,52 ± 1,2 ml.kg⁻¹.min⁻¹, a FC_{max} 194,86 ± 0,99 bpm e a VM de 34,31 ± 0,31 km.h⁻¹. Pelo método LV e PDFC, a FC no limiar foi de 178,77 ± 1,12 e 177,54 ± 1,08 bpm, respectivamente, e a velocidade no limiar (Vel) foi de 30,43 ± 0,27 e 29,91 ± 0,3 km.h⁻¹. Houve uma correlação entre os valores de LAN determinados pelo LV e PDFC, tanto pela FC (r = 0,91) quanto pela Vel (r = 89). A FC e a Vel no LV corresponderam a 91,91 ± 0,46 e 88,76 ± 0,4%, enquanto no PDFC corresponderam a 91,12 ± 0,43 e 87,18 ± 0,42%, respectivamente.

Apesar das evidências dos protocolos propostos serem válidos para determinar indiretamente o LAN dos patinadores *in-line*, o estudo de Droguetti et al.¹⁵ não teve um número representativo de sujeitos e ambos não seguiram os procedimentos necessários para análise de reprodutibilidade e posterior validação concorrente, com a determinação direta do LAN. Os testes realizados em pista podem ser considerados mais fidedignos à situação real, já que respeitam ao máximo o princípio da especificidade. Porém, em laboratório é possível ter o controle necessário para se obter medidas diretas das respostas fisiológicas durante a patinação e avaliar a influência de variáveis isoladas sobre a performance².

Considerações finais

Mesmo com a crescente popularidade e do grande número de competições existentes, poucas investigações têm sido conduzidas com patinação de velocidade *in-line*. A maioria dos estudos procurou relacionar a patinação *in-line* com a patinação e esqui no gelo, por se tratar de uma modalidade alternativa de treino para os atletas fora da estação, ou comparou as respostas fisiológicas obtidas em protocolos de corrida ou cicloergômetro.

Os estudos encontrados mostram resultados divergentes, o que aponta para a necessidade de maiores investigações controlada e com testes que sejam específicos para avaliação de patinadores,

visto que a utilização de outros modos de exercício não traz resultados confiáveis. Apenas 2 estudos buscaram validar um protocolo específico para determinar a aptidão aeróbia de patinadores de velocidade *in-line*. No entanto, estes estudos mostram uma metodologia inconsistente e não condizente com o processo de validação de testes.

Poucos estudos investigaram simultaneamente os aspectos fisiológicos e biomecânicos da performance na patinação de velocidade *in-line*, talvez devido à complexidade em realizar as coletas de dados em campo. Este tipo de investigação é fundamental para avaliação da performance e deve ser melhor explorada em estudos futuros. A pouca quantidade de estudos encontrados, bem como a diversidade das variáveis mensuradas e do tipo amostral limitou a utilização de escalas pré-definidas e validadas para a avaliação da qualidade metodológica dos artigos, bem como a realização da meta-análise dos resultados, para estabelecer evidências mais consistentes.

No geral os resultados apontam a patinação *in-line* como sendo de alta intensidade em termos de demanda energética e de alto nível de complexidade em termos de movimento. Por isso, a patinação pode ser utilizada tanto para âmbitos recreacionais, para promoção da saúde, lazer e desenvolvimento de habilidades motoras, quanto para o treinamento esportivo, como opção alternativa para atletas de modalidades de endurance como triathlon. Necessita-se também a elaboração de testes específicos para avaliação da performance, prescrição e controle do treinamento na patinação de velocidade, a fim de contribuir para o crescimento e profissionalização dessa modalidade.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

1. Publow B, editor. Speed on Skates: a complete technique, training, and racing guide for in-line and ice skaters. Human Kinetics: Windsor; 1999.
2. Foster C, DeKoning JJ, Rundell KW, Snyder AC. Physiology of Speed Skating. In: William EG, Kirkendall DT, editors. Exercise and Sport Science. 1st ed. Massachusetts: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 885-95.
3. Koning JJDE, Schenau GJVI. Biomechanics in sport performance enhancement and injury prevention. In: Zatsiorsky V, editor. Performance-Determining Factors in Speed Skating. Oxford: Blackwell Publishing; 2000. p. 232-45.
4. Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis. Sports Med. 2007;37(7):575-86.
5. Beneke R. Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. Br J Sports Med. 2001;35(3):192-6.
6. Krieg A, Meyer T, Clas S, Kindermann W. Characteristics of inline speedskating - Incremental tests and effect of drafting. Int J Sports Med. 2006;27(10):818-23.
7. Giorgi C. Evaluation of roller skating training loads using heart rate. In: Sanders RH, Gibson BJ, editors. ISBS 1999. 17 Proceedings of the 17th International Symposium on Biomechanics in Sports; 1999 Jun 30-Jul 6; Perth, Australia. 1999.
8. Platen P, Schaar B. How to carry out a health-orientated marathon training programme for running and inline skating. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2003;10(4):304-12.
9. Melanson EL, Freedson PS, Jungbluth S. Changes in VO_{2max} and maximal treadmill time after 9 wk of running or in-line skate training. Med Sci Sports Exerc. 1996;28(11):1422-6.
10. Allinger TL, van den Bogert AJ. Skating technique for the straights, based on the optimization of a simulation model. Med Sci Sports Exerc. 1997;29(2):279-86.
11. Baum K, Hoy S, Fischer F, Leyk D, Schmidt O, Eßfeld D. Comparison between the physiological response to roller skiing and in-line skating in biathletes. Med Sci Sports Exerc. 1999;31(4):595-8.
12. Carroll TR, Bacharach D, Kelly J, Rudrud E, Karns P. Metabolic cost of ice and in-line skating in Division I collegiate ice hockey players. Can J Appl Physiol. 1993;18(3):255-62.
13. Cartwright SA. The effect of surface, wheel, and bearing type on the physiological response of in-line skating [dissertation]. Montreal, Quebec: Faculty of Education McGill University; 1994.
14. De Boer RW, Vos E, Hutter W, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. Physiological and biomechanical comparison of roller skating and speed skating on ice. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1987;56(5):562-9.
15. Droghetti P, Borsetto C, Casoni I, Cellini M, Ferrari M, Paolini AR, et al. Noninvasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country

- skiing, cycling, roller and iceskating, rowing, and walking. *Eur J Appl Physiol.* 1985;53:299–303.
16. Eils E, Kupelwieser C. Pressure distribution in inline skating straights with different speeds. In: Riehle HJ, Vieten MM, editors. *ISBS 1998. Proceedings of the 16th International Symposium on Biomechanics in Sports*; 1998 Jul 21–25 Konstanz, Germany. 1998.
 17. Foster C, Rundell KW, Snyder AC, Stray-Gundersen J, Kemkers G, Thometz N, et al. Evidence for restricted muscle blood flow during speed skating. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(10):1433–40.
 18. Hoffman MD, Jones GM, Bota B, Mandli M, Clifford PS. In-line skating: Physiological responses and comparison with roller skiing. *Int J Sports Med.* 1992;13(2):137–44.
 19. Jerosch J, Heidjahn J, Thorwesten L. Joint-load in inline-skating - A biomechanical study. *Sportverletzung Sportschaden.* 1998;12(2):47–53.
 20. Mahar AT, Derrick TR, Hamill J, Caldwell GE. Impact shock and attenuation during in-line skating. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(8):1069–75.
 21. Martinez ML, Modrego A, Ibanez Santos J, Grijalba A, Santesteban MD, Gorostiaga EM. Physiological comparison of roller skating, treadmill running and ergometer cycling. *Int J Sports Med.* 1993;14(2):72–7.
 22. Millet GP, Geslan R, Ferrier R, Candau R, Varray A. Effects of drafting on energy expenditure in in-line skating. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43(3):285–90.
 23. Petroni N. Acquisition and analysis of ground reaction forces and foot orientation on in-line skates during track speed skating. *J Biomech.* 2007;40 Suppl 398:S2.
 24. Rundell KW. Compromised oxygen uptake in speed skaters during treadmill in-line skating. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(1):120–7.
 25. Schindelwig K, Bichteler F, Faulhaber M, Nachbauer W. Comparison of inline skates regarding plantar pressure and oxygen uptake. *ICMSH.* In: *Proceedings of the 3rd International Congress of Mountain, Sport & Health.* 2009.
 26. Shiratori T, Latash M. The roles of proximal and distal muscles in anticipatory postural adjustments under asymmetrical perturbations and during standing on rollerskates. *Clin Neurophysiol.* 2000;111(4):613–23.
 27. Snyder AC, O'Hagan KP, Clifford PS, Hoffman MD, Foster C. Exercise responses to in-line skating: Comparisons to running and cycling. *Int J Sports Med.* 1993;14(1):38–42.
 28. Stoggl T, Muller E, Lindinger S. Biomechanical comparison of the double-push technique and the conventional skate skiing technique in cross-country sprint skiing. *J Sports Sci.* 2008;26(11):1225–33.
 29. Thompson C, Bélanger M. Effects of vibration in inline skating on the Hoffmann reflex, force, and proprioception. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(12):2037–44.
 30. Wallick ME, Porcari JP, Wallick SB, Berg KM, Brice GA, Arimond GR. Physiological responses to in-line skating compared to treadmill running. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(2):242–8.
 31. Zapata MREL. Evaluación de la cualidad aeróbica del patinador de velocidad sobre ruedas, por medio un test específico de campo. *Spagatta Magazine.* 2009. [consultado 31 Jul 2007]. Disponible em: http://www.spagatta.com/pdf/articulos/med/evaluacion_calidad_aerobica.pdf
 32. Zeglinks CM, Swanson SC, Self BP, Greenwald RM. Muscle activity in the slalom turn of alpine skiing and in-line skating. *Int J Sports Med.* 1998;19(7):447–54.
 33. Nigg BM, Cole GK, Bruggerman GP. Impact forces during heel-toe running. *J Appl Biomech.* 1995;11:407–32.
 34. DeKoning JJ, DeBoer RW, DeGroot G, van Ingen Schenau GJ. Push off force in speed skating. *Int J Sport Biomech.* 1987;3:103–9.
 35. Conconi F, Ferrarri M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the Anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol.* 1982;152(4):869–73.
 36. Probst H. Test par intervalles pour foorballeurs. *Rev Macolin.* 1989;5:7–9.



Artigo de Revisão

Influência da administração de eritropoietina humana recombinante sobre o desempenho físico: estudo de revisão



P.C. Caetano Júnior^{a,*}, T.S. Cunha^b, L.C. Lemes^a, S.R. Ribeiro^a e W. Ribeiro^a

^a Laboratório de Fisiologia e Farmacologia, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D), Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), São José dos Campos, São Paulo, Brasil

^b Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São José dos Campos, São Paulo, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 4 de março de 2013

Aceite a 17 de março de 2014

Palavras-chave:

Eritropoietina
Desempenho atlético
Resistência física
Efeitos adversos
Doping nos esportes

R E S U M O

Objetivo: Discutir os resultados acerca dos efeitos do uso da eritropoietina humana recombinante (rHuEPO) sobre o desempenho físico, bem como relatar os efeitos adversos decorrentes desta prática, correlacionando os achados de estudos experimentais e clínicos.

Métodos: Foram selecionados artigos científicos publicados nas bases de dados PubMed e SciELO, no período de 1985-2013, utilizando as seguintes palavras-chaves: eritropoietina/*erythropoietin*, desempenho atlético/*athletic performance*, resistência física/*physical endurance*, efeitos adversos/*adverse effects* e doping nos esportes/*doping in sports*.

Resultados: Todos os estudos (n = 10) encontraram melhora nas variáveis de consumo máximo de oxigênio (VO_{2máx}) e tempo de exaustão em humanos, utilizando diferentes protocolos de dosagens, que podem variar de 50-60 UI/kg nas primeiras semanas, com redução ao longo do tratamento. Dentre as reações adversas mais frequentes estão os acidentes trombovasculares, deficiência de ferro e hipertensão arterial sistêmica.

Conclusão: O tratamento com rHuEPO em diferentes doses e períodos pode potencializar o desempenho físico de humanos, em virtude dos diferentes efeitos gerados, incluindo aumento no transporte de O₂, redução das concentrações de lactato sanguíneo, aumento das concentrações de ácidos graxos livres no sangue e do glicogênio muscular.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Influencia de administración de human eritropoyetina recombinante en el rendimiento físico: un estudio de revisión

R E S U M E N

Objetivo: Discutir los resultados relativos a los efectos del uso de la eritropoyetina humana recombinante (rHuEPO), sobre el rendimiento físico, así como los efectos adversos de su uso, así como la relación de los resultados de estudios experimentales y clínicos.

Métodos: Se seleccionaron los artículos científicos publicados en revistas incluidas en PubMed y SciELO, en el período de 1985-2013, usando las siguientes palabras clave: eritropoietina/*erythropoietin*, desempeño atlético/*athletic performance*, resistencia física/*physical endurance*, efectos adversos/*adverse effects* e doping nos esportes/*doping in sports*.

Resultados: Todos los artículos (n = 10), en relación con la influencia del tratamiento con rHuEPO en el rendimiento deportivo, mostraron una mejoría en las variables de consumo máximo de oxígeno (VO_{2máx}) y el tiempo hasta el agotamiento en seres humanos, utilizando diferentes protocolos de dosis, que oscilan desde 50-60 UI/kg en las primeras semanas con reducción progresiva durante el tratamiento. Entre los efectos adversos más frecuentes se encuentran los accidentes vasculares trombóticos, la ferropenia y la hipertensión arterial.

Palabras clave:
Eritropoyetina
Rendimiento atlético
Resistencia física
Efectos adversos
Doping deportivo

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: paulocaetanoj@hotmail.com (P.C. Caetano Júnior).

Conclusión: El tratamiento con dosis de rHuEPO y en diferentes períodos puede mejorar el rendimiento físico en los seres humanos, debido a los diferentes efectos generados, incluyendo el aumento del transporte de O₂, la reducción de las concentraciones de lactato en sangre, aumento de las concentraciones de ácidos grasos libres en la sangre y glucógeno muscular.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

A B S T R A C T

Keywords:

Erythropoietin
Athletic performance
Physical endurance
Adverse effects
Doping in sports

Objective: Discuss the influence of rHuEPO on physical performance, as well as the adverse effects of this practice, exposing results from experimental and clinical studies.

Methods: Were selected articles published in the basis, PubMed and SciELO databases, in the period 1985-2013, using the following keywords *eritropoietina/erythropoietin*, *desempenho atlético/athletic performance*, *resistência física/physical endurance*, *efeitos adversos/adverse effects* e *doping nos esportes/doping in sports*.

Results: All articles (n=10) related to the influence of treatment with rHuEPO on sports performance, found improvement in the variables of maximal oxygen uptake (VO_{2max}) and time to exhaustion in humans, using different protocols dosages between 50 to 60 IU/kg during the first weeks with reduced throughout treatment. Among the most common adverse effects are the thrombovascular accidents, iron deficiency and hypertension.

Conclusion: Treatment with rHuEPO doses and at different periods, can enhance physical performance in humans, because of the different generated effects, including increased O₂ transport, reduction of blood lactate concentrations, increased concentrations of free fatty acids in the blood and muscle glycogen.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introdução

A eritropoietina humana recombinante (rHuEPO) é uma glicoproteína altamente purificada, composta por uma sequência de aminoácidos idêntica à da eritropoietina (EPO) endógena¹. Esta substância tornou-se comercialmente disponível a partir de 1988² e o tratamento com a rHuEPO contribuiu para minimizar o número de transfusões de sangue de pacientes com anemia³.

Em virtude da dificuldade de detecção e diferenciação entre a rHuEPO e a EPO endógena, bem como do uso da técnica natural de hipóxia (HIF) intermitente, que desencadeia aumento da produção de EPO no organismo⁴, a rHuEPO passou a ser utilizada de forma indiscriminada por atletas⁵ com o objetivo de melhorar o desempenho físico, embora o uso indiscriminado tenha sido oficialmente proibido pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) em 1990⁶.

A literatura reporta que a administração subcutânea de rHuEPO, em diferentes doses, pode aumentar o VO_{2máx} e tempo de exaustão de humanos⁷⁻⁹ e alterar as concentrações de lactato sanguíneo¹⁰⁻¹². Além disso, já foi descrita a presença de receptores de EPO (rEPO) em vasos sanguíneos, na musculatura esquelética, em testículos e em algumas linhagens celulares neoplásicas, o que sugere a sua potencialidade também como alvo terapêutico¹³⁻¹⁵ e foi demonstrado que o tratamento com o hormônio recombinante pode provocar efeitos neurais, potencializando o desempenho sem alterar a produção de eritrócitos¹⁶.

No entanto, os efeitos desencadeados por este hormônio não se restringem ao desempenho físico e, neste sentido, já foi demonstrado que a administração de rHuEPO pode causar aumento excessivo do hematócrito e da viscosidade sanguínea, reduzindo o débito cardíaco^{18,19}. Por este motivo, sabe-se que as reações adversas mais frequentes relacionadas ao tratamento com rHuEPO são hipertensão arterial sistêmica e acidente trombovascular²⁰.

Com base no pressuposto, a presente revisão objetivou discutir os resultados acerca dos efeitos do uso da rHuEPO sobre o desempenho físico, abordando, inclusive, as alterações fisiológicas pouco

discutidas na literatura, que vão além dos clássicos relacionados a eritropoiese e que também ajudam a explicar o aumento do rendimento atlético. Além disso, visando alertar e conscientizar atletas e profissionais do meio esportivo sobre os riscos causados pelo uso de rHuEPO, o estudo buscou relatar os principais efeitos adversos decorrentes desta prática, correlacionando os achados de estudos clínicos e experimentais.

Métodos

O presente trabalho de revisão sistemática utilizou as bases de dados PubMed e SciELO para selecionar os artigos científicos de interesse, no período de 1985-2013. As palavras-chave para seleção dos estudos foram pesquisadas, tanto em língua portuguesa, quanto em língua inglesa, como segue: *eritropoietina/erythropoietin*, *desempenho atlético/athletic performance*, *resistência física/physical endurance*, *efeitos adversos/adverse effects* e *doping nos esportes/doping in sports*.

No total encontraram-se 1.083 estudos, no entanto, após os critérios de exclusão e inclusão chegou-se a 76 referências. Os critérios de exclusão adotados foram de artigos científicos relacionados somente ao uso terapêutico da rHuEPO, não apresentando, portanto, nenhum efeito relacionado a capacidade física e/ou adverso do hormônio recombinante. Os critérios de inclusão foram de estudos contendo variáveis relacionadas ao desempenho atlético e de efeitos adversos em humanos e animais, tratados com rHuEPO.

Eritropoietina: estrutura, síntese e função

A EPO é composta por 165 aminoácidos com peso molecular em torno de 30 Kilodalton (kDa). É formada em sua maioria (40%) por carboidratos e 2-4 cadeias sialiladas podem estar presentes em sua estrutura²¹⁻²³. A fim de evitar que esta seja depurada pelo fígado antes de alcançar o alvo fisiológico, os resíduos de ácido siálico constituem um sinalizador biológico da EPO²⁴.

Este hormônio é sintetizado nos rins (90% da produção) e no fígado (10%)²⁰, com meia vida de aproximadamente 8 horas²², quando liberada, liga-se aos seus receptores (rEPO) na superfície dos precursores das células vermelhas (BFU-e, CFU-e, eritroblastos) localizados na medula óssea. Essa glicoproteína, além de prolongar a sobrevivência dessas células, também inibe a apoptose das células precursoras induzindo a proliferação e diferenciação das mesmas²⁵⁻²⁷.

A transcrição da EPO é potencializada por meio da ativação do fator de transcrição induzível por HIF. A subunidade HIF-1 α quando inibida, pode associar-se à subunidade HIF-1 β formando um heterodímero que se desloca para o núcleo da célula, com o intuito de ativar a transcrição do gene. No entanto, este mecanismo não é somente ativado frente à HIF, mas também por outros estímulos que incluem a hipoglicemia, o aumento de cálcio intracelular, bem como a liberação de insulina, estrogênios, esteroides anabólicos e de várias citocinas como as interleucinas 1 e 6, capazes de aumentar a concentração de EPO e a expressão dos rEPO, a fim de desencadear efeitos biológicos em células hematopoiéticas²⁸⁻³⁰.

A expressão do rEPO também é descrita em células vasculares, musculares lisas, mioblastos, testículos e em linhagens de células tumorais^{14,15}, porém com efeitos diferentes daqueles desencadeados no tecido hematopoiético. O aumento da expressão de rEPO nas células musculares está associada à indução de proliferação celular, e no sistema nervoso central, a EPO produzida por astrócitos, desempenha papel importante na resposta às lesões neuronais^{27,30}.

Os rEPO fazem parte da classe de receptores ligados às citocinas tipo I, onde a ligação do hormônio a eles resulta em dimerização e ativação de diferentes cascatas de sinalização intracelular²⁷. A ativação do receptor ligado à janus tirosina quinase 2 (*Janus tyrosine kinase* - JAK2), responsável por propagar o sinal, ativará o sinal secundário de transdução de moléculas, incluindo os transdutores e ativadores da transcrição 5 (*Signal transducer and activator of transcription* - STAT5), proteínas quinase mitógeno ativadas (*Mitogen activated protein kinase* - MAPK) e fosfatidilinositol-3-quinase (*Phosphatidylinositol-3-kinase* - PI3K)^{25,27,31}.

A ativação da JAK2 induz a fosforilação da tirosina e dimerização de STAT. Este mecanismo de ação, envolvendo a transdução de sinal por vias como JAK2/STAT5 do sistema de proteína G (RAS), canal de cálcio e quinases (fig. 1) é responsável pelos efeitos da EPO sobre a eritropoiese, diferenciação, proliferação e sobrevivência celular, bem como pela ativação de mecanismos antiapoptóticos^{25,31}.

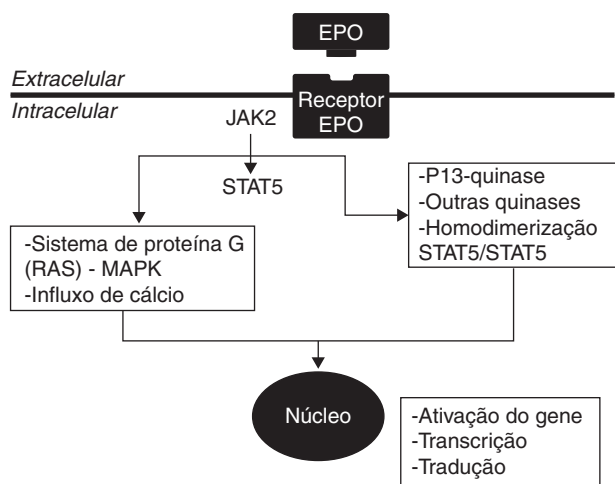


Figura 1. Mecanismo de ação da eritropoietina responsável pela eritropoiese. A ativação da JAK2 (*Janus tyrosine kinase*) induz a fosforilação da tirosina e dimerização de STAT (*Signal transducer and activator of transcription*), desencadeando a transdução do sinal por vias como JAK2/STAT5 do sistema, RAS (proteína G), canal de cálcio e quinases (adaptado de Ng et al.³¹).

A EPO tem a capacidade inerente de estimular a produção de hemácias e de hemoglobina, aumentando consequentemente a oxigenação tecidual²³, principalmente em situações de HIF e mediante ao treinamento físico em grandes altitudes³².

Eritropoietina humana recombinante

Em 1988 a rHuEPO tornou-se comercialmente disponível, após evidências de que ela poderia minimizar a necessidade da transfusão de sangue e ainda melhorar o bem estar de pacientes anêmicos com doença renal crônica^{2,33}. A sua identificação foi possível através do uso da tecnologia do ADN recombinante e hoje sabe-se que o gene da EPO humana situa-se no cromossomo 7q11-22, constituído por 5 éxons e 4 íntrons, responsável pela síntese de polipeptídeo pós-transcricional contendo 193 aminoácidos³⁴.

Durante a modificação pós-traducional, a glicosilação ocorre com a adição de 3 N-ligados (em Asn-24, Asn-38 e Asn-83) e uma O-ligados (Ser-126) oligossacáridos ácidos, a formação de 2 ligações dissulfureto em Cys-7 para Cys-161 e em Cys-29 para Cys-33, concomitante a remoção de 27 aminoácidos. Acredita-se que a Arg-166 no COOH terminal é clivada antes da liberação da EPO na circulação, com a estrutura primária de um EPO madura e, portanto, rHuEPO, contendo 165 aminoácidos³⁵.

Existem algumas formas comerciais de rHuEPO disponíveis no mercado para uso terapêutico, tais como, epoetina alfa, epoetina beta e epoetina ômega. O método de síntese determina a classificação das mesmas e enquanto as epoetinas alfa e beta são sintetizadas a partir de células ovarianas de hamster chinês, a epoetina ômega é produzida em células renais de filhote de hamster^{36,37}.

A administração da rHuEPO pode ser feita pelas vias subcutânea (SC), intravenosa (IV) e intraperitoneal (IP). A via SC apresenta diversas vantagens sobre a via IV, principalmente por ser desnecessário o estabelecimento do acesso venoso para administração e redução de até 30% da dose semanal em pacientes sob hemodiálise³⁸.

Doping e eritropoietina humana recombinante

Após os Jogos Olímpicos de Inverno de Calgary e Jogos Olímpicos de Seul, esportistas de modalidades em que prepondera o metabolismo aeróbio, como ciclismo, esqui de fundo, maratona, triatlão, entre outros, passaram a utilizar abusivamente a rHuEPO, visando a melhora do desempenho atlético^{6,10,39,40}. Esta prática sem supervisão médica foi oficialmente proibida pelo COI em 1990⁶.

A detecção da rHuEPO tem sido realizada por métodos diretos, que identificam substâncias exógenas com base nas suas propriedades físico-químicas, ou métodos moleculares que reconhecem transgenes de EPO diretos e indiretos, baseando-se nos biomarcadores hematológicos^{41,42}. No entanto, alguns fatores limitam a investigação precisa da rHuEPO, como por exemplo, análogos deste hormônio, *doping* genético⁴² e diferenciação entre rHuEPO e EPO endógena, devido à sua complexidade estrutural, presença de baixas concentrações nos fluidos biológicos e estrutura química bastante semelhante a de sua forma endógena⁵. Lunby et al.⁴³ ainda ressaltam que inicialmente a rHuEPO pode ser detectada, mas que após o período de administração esta detecção torna-se dificultada.

O próximo período corresponde à volta da transfusão sanguínea como alternativa indetectável para o *doping* envolvendo a rHuEPO, que foi consumada pela operação Puerto em 2006. Apesar da especificidade do teste de detecção direta (*Isoelectric focusing test* - IEF), os laboratórios observaram padrões irregulares do hormônio, identificados como urina ativa e urina de esforço. Além disto, no boletim oficial da auditoria, perfis indetectáveis de EPO foram relatados com o uso do IEF⁴⁴. Por outro lado, casos positivos de biossimilares de EPO e ativadores contínuos de receptores de eritropoiese

(Continuous erythropoiesis receptor activator - CERA) foram reportados em 2007⁴⁵.

Em meados de 2010 e 2011 teve início uma investigação relacionada à eficiência da combinação de agentes químicos para estabilização de perfis de esteroides endógenos e da gonadotrofina coriônica humana na urina, servindo para o controle de *doping*. Porém, estudos adicionais serão necessários para a validação do método⁴⁵. Em setembro de 2011 a WADA lançou o «passaporte biológico» que se refere a um mapeamento das variáveis biológicas de atletas, visando detectar variáveis fisiológicas anormais e o uso de substâncias ilícitas. No entanto, este sistema ainda não foi validado⁴⁶.

Embora a rHuEPO esteja disponível no mercado há mais de uma década, o IEF proposto antes dos Jogos Olímpicos de Sydney veio substituir os testes secundários que eram utilizados. Esta metodologia permitiu identificar o primeiro caso positivo de uso da rHuEPO em 2001, seguido pela primeira detecção oficial do uso do novo estimulador de proteína da eritropoiese (*Novel erythropoiesis stimulating protein* - NESP), um ano depois^{24,45}.

Diversos avanços relacionados à utilização da técnica de focalização isoeletrica para identificação da EPO permitem atualmente identificar diferenças sutis entre a glicosilação e sialilação, e desta forma possibilitam a diferenciação entre análogos endógenos e a rHuEPO recombinante. Os estudos destacam que este método foi internacionalmente aceite para a detecção de estimuladores da eritropoiese (ESA), usando um anticorpo monoclonal antiEPO altamente sensível, o AE7A5³⁴.

Efeitos da eritropoietina humana recombinante sobre o desempenho esportivo

Já está bem estabelecido que o tratamento com a rHuEPO aumenta a série vermelha sanguínea³⁷. Robach et al.⁴⁷ por exemplo, relataram aumento significativo da concentração de hemoglobina (Hb) e do hematócrito em humanos, a partir do décimo dia de tratamento com rHuEPO, em resposta à administração diária de 65 UI/kg. Ashenden et al.⁴⁸ também relataram aumento desses 2 componentes, após administração de rHuEPO em doses variáveis, alterando a cada 4 semanas 10, 20, 30 UI/kg. Adultos saudáveis tratados em dias alternados, com 65 UI/kg de rHuEPO, por um período de 16 dias, também apresentaram aumento significativo de hemoglobina e eritrócitos³⁹. Da mesma forma, Lundby e Robach⁴⁹ encontraram aumento a partir da quinta semana de tratamento e Ninot, Connes, Caillaud⁵⁰ também encontraram aumento do hematócrito e de Hb, em indivíduos treinados durante 6 semanas (3 primeiras semanas - 50 UI/kg e nas 2 subsequentes - 20 UI/kg).

Dentre os estudos envolvendo animais de experimentação, também foi encontrado aumento significativo de hematócrito em ratos

tratados com rHuEPO e submetidos ao treinamento aeróbio por 30 min com sobrecarga de 5% do peso corporal¹⁰. Da mesma forma, Verbrugge e Goodnough⁵¹ observaram aumento da série vermelha em ratos submetidos ao treinamento físico aeróbio com o auxílio de rodas motorizadas e tratamento com rHuEPO.

Em relação aos efeitos deste hormônio recombinante sobre o desempenho esportivo é importante ressaltar que este é um fenômeno que não depende somente do aumento da série vermelha do sangue, mas sim de uma combinação de diversos processos e fatores intrínsecos e extrínsecos⁵². Em modalidades esportivas aeróbias, tais como corrida de longa distância, ciclismo ou esqui *cross country*, o principal fator que determina o desempenho físico é a eficiência relacionada ao transporte e utilização de O₂ pela musculatura esquelética (VO_{2máx}), durante o exercício. Esta utilização é dependente da concentração total de Hb, do débito cardíaco e da diferença de O₂ arteriovenosa (fig. 2)⁵³.

Foi demonstrado que a rHuEPO administrada em doses reduzidas durante 12 semanas (50 UI/kg durante as 3 primeiras semanas e 20 UI/kg nas 5 semanas subsequentes) foi suficiente para manter os eritrócitos e o VO_{2máx} em níveis elevados de atletas amadores⁵⁴. O aumento de hematócrito, Hb e VO_{2máx} após administração deste hormônio também foi observado por Lundby et al.⁵⁵. Da mesma forma, Thomsen et al.⁵⁶, após avaliarem homens saudáveis tratados com rHuEPO (50 UI/kg), relataram, além do aumento de hematócrito, Hb, VO_{2máx} (12 e 11,6% nas semanas 4 e 11, respectivamente) e aumento de 54% no tempo de exaustão. Além disto, Wilkerson et al.⁵⁷ encontraram em jovens, 4 semanas após o tratamento com rHuEPO (150 UI/kg), aumentos significativos de Hb e VO_{2pico}, sem efeito significativo sobre a cinética do VO₂, quando comparado ao grupo controle.

Recentemente Durussel et al.⁵⁸ avaliaram os efeitos da rHuEPO (50 UI/kg) em homens treinados, por 4 semanas. Tanto o tempo no teste de 3.000 m (10:30 ± 1:07 min:seg vs. 11 min08 ± 1:15 min:seg), quanto o VO_{2máx} (56,0 ± 6,2 mL.min⁻¹.kg⁻¹ vs. 60,7 ± 5,8 mL.min⁻¹.kg⁻¹) dos indivíduos, foram significativamente melhorados após a quarta semana de tratamento, bem como, permaneceram maximizados após 4 semanas do término da administração, com 10:46 ± 1:13 min:seg e 58,0 ± 5,6 mL.min⁻¹.kg⁻¹, respectivamente.

Dos 10 artigos envolvendo VO_{2máx} e tempo de exaustão de humanos tratados com rHuEPO, todos relataram melhoria destas variáveis (tabela 1). Estes resultados indicam que o tratamento com rHuEPO, com doses e períodos diferenciados, podem potencializar a condição aeróbia de indivíduos treinados e/ou de atletas. A principal explicação para isso se dá pela capacidade aumentada de transportar O₂ no sangue, no entanto, como já apresentado, a capacidade aeróbia depende de vários outros fatores^{53,56}.

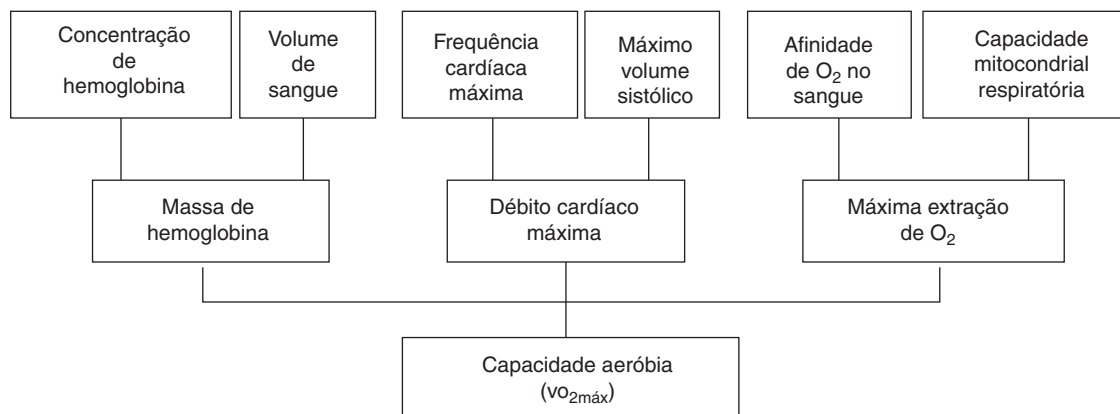


Figura 2. Parâmetros que determinam a capacidade aeróbia (adaptado de Jelkmann e Lundby⁵³).

Tabela 1

Efeitos da eritropoietina humana recombinante sobre o conteúdo de eritrócitos e hemoglobina, consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e tempo de exaustão, em humanos submetidos a diferentes protocolos de administração

Autores	População	Regime de administração do hormônio	Hemoglobina	$VO_{2máx}$	Tempo de exaustão
Audran et al. ⁷ Russell et al. ⁵⁴	9 atletas 21 atletas: 9 mulheres e 12 homens	50 UI/kg - 26 dias. Grupo EPO + IV: 1-3 sem. - 50 UI/kg; 4-8 sem. - 20 UI/kg; A cada 15 dias - 100 mg Fe; Grupo EPO + OR: 1-3 sem. - 50 UI/kg; 4-8 sem. - 20 UI/kg; 105 mg Fe/diariamente	↑S --	↑S EPO + IV e EPO + OR: ↑S nas sem. 4, 8 e após última aplicação; Grupo placebo sem alteração	-- --
Juel et al. ⁶⁸	8 homens saudáveis	1-2 sem. - 60 UI/kg 1 dose a cada 2 dias; 3 sem. - 60 UI/kg 3 doses em 3 dias; 4-13 sem. - 60 UI/kg 1 dose por sem.; 100 mg Fe/diariamente	--	↑ 8,1% na sem. 11	↑54%
Thomsen et al. ⁵⁶	16 homens saudáveis	1-2 sem. - 60 UI/kg; 1 dose a cada 2 dias; 3 sem. - 60 UI/kg 3 doses em 3 dias; 4 - 13 sem. - 60 UI/kg 1 dose por sem.; 100 mg Fe/diariamente	↑S na sem. 4 e 11	↑S nas sem. 4 e 11	↑54%
Lundby et al. ⁵⁵	8 homens saudáveis	1-2 sem. - 60 UI/kg 1 dose a cada 2 dias; 3 sem. - 60 UI/kg 3 doses em 3 dias; 4-15 sem. - 60 UI/kg 1 dose por sem.; 100 mg Fe/diariamente	--	--	--
Lundby e Robach ⁴⁹	8 homens saudáveis	1-3 sem. - 60 UI/kg 3 a 4 doses semanais; Próximas 11 sem. - 60 UI/kg 1 dose semanal	↑S a partir da sem. 5		
Rasmussen et al. ⁶²	15 homens saudáveis	Grupo 3 dias: ~402 UI/kg 2 doses em 3 meses; Grupo 3 meses: ~60 UI/kg 1 e 2 sem. - 1 dose por dia; 3-13 sem. - 3 doses por sem.	--	--	↑
Durussel et al. ⁵⁸	19 homens saudáveis	50 UI/kg - a cada 2 dias por 4 sem.; ~100 mg de Fe/4 sem.	↑S a partir da sem. 2	↑S após sem. 4	↑S após sem. 4

↑S: aumento significativo; IV: intravenosa; OR: oral; sem.: semanas.

Com isso, o presente trabalho de revisão, buscou outras explicações para a melhora do rendimento esportivo, decorrente dos efeitos da rHuEPO. Um relato interessante foi de que indivíduos treinados aerobicamente são altamente sensíveis aos efeitos da rHuEPO em sua aptidão física, e ainda, que este hormônio pode até mesmo, alterar parâmetros emocionais e comportamentais, relacionados ao prazer, autoestima e aumento da libido⁵⁰.

Outros achados também ajudaram a esclarecer os efeitos deste hormônio recombinante sobre o rendimento físico. Estudos demonstraram que a rHuEPO pode também influenciar o metabolismo anaeróbio, através da avaliação do lactato sanguíneo¹⁰⁻¹², substrato determinante do limiar anaeróbio, considerado um importante biomarcador para prescrição e monitoramento do treinamento^{59,60}. Foi observado aumento no transporte de lactato, mediado por transportadores monocarboxilato 1 e 4 em eritrócitos, após tratamento com rHuEPO em seres humanos¹¹, assim como menores concentrações de lactato em resposta a exercícios com intensidades variando de 60-100% do $VO_{2máx}$, em atletas, após 8 semanas de tratamento com rHuEPO⁵⁴.

Lavoie et al.¹⁰ encontraram em animais tratados com rHuEPO, após 30 min de natação com sobrecarga adicional de 5% do peso corporal, maiores concentrações de ácidos graxos livres no sangue e de glicogênio muscular, com menores concentrações de lactato sanguíneo. Estes resultados evidenciam que a utilização do substrato energético durante o exercício é afetada pela maior disponibilidade de oxigênio e menor produção energética pelo metabolismo anaeróbio.

Além destes efeitos, Cayla et al.⁶¹ observaram que ratos treinados e tratados com rHuEPO apresentam aumento das atividades específicas de enzimas oxidativas, citocromo C oxidase e L-3-hidroxiacil-CoA desidrogenase e fosfofrutoquinase, no musculoesquelético. Estes achados sugerem que a administração de rHuEPO possa levar ao aumento da resistência muscular esquelética

e oxigenação de todos os tecidos. Lundby et al.¹³, por sua vez, observaram que os rEPO estão presentes na vasculatura e fibra muscular esquelética e ainda que uma única injeção de rHuEPO (200 UI/kg) é capaz de reduzir a expressão de RNA mensageiro (RNAm) de mioglobina, de receptores de transferrina e de rHuEPO.

Há evidências de que a rHuEPO, quando administrada em altas doses, pode atravessar a barreira hemato-encefálica, contribuindo para redução da fadiga central e melhora da cognição, de modo a aumentar a capacidade de exercício independente da eritropoiese. Entretanto, o rendimento físico e cognitivo dos indivíduos não foi alterado, sugerindo que o efeito ergogênico se dê exclusivamente por meio do aumento da capacidade em transportar O_2 no sangue⁶². Em contrapartida, Schuler et al.¹⁶ destacam que o tratamento com rHuEPO pode provocar efeitos neurais, potencializando o desempenho físico, sem necessariamente alterar a produção de células vermelhas do sangue.

Estudos recentes vêm demonstrando que a rHuEPO também pode ajudar no tratamento do diabetes e da obesidade⁶³. Foi observada redução da glicemia em ratos tratados com rHuEPO, em virtude, principalmente, de um aumento da atividade do transportador de glicose 4 (GLUT4)⁶⁴. Mikolás et al.⁶⁴ observaram também perda de peso em animais tratados com rHuEPO. Além disto, Christensen et al.⁶⁵, após investigarem os efeitos da administração aguda de rHuEPO sobre o metabolismo da sensibilidade à insulina em indivíduos jovens saudáveis, observaram aumento do gasto energético em resposta à administração de uma única dose do hormônio (400 UI/kg). Adicionalmente, já foi relatado que a rHuEPO está relacionada com a prevenção de lesão renal aguda, em um modelo experimental de treinamento físico de alta intensidade, em virtude de seu efeito antiapoptótico⁶⁶.

Apesar de grande parte dos estudos mostrar a importante influência da rHuEPO sobre diversos parâmetros fisiológicos, alguns trabalhos relataram a inexistência dos efeitos do

hormônio sobre variáveis que poderiam maximizar o desempenho físico.

Um estudo que examinou diversos registros de ciclistas em períodos rotulados de epidemia da rHuEPO, encontrou resultados de desempenho normalmente distribuídos e linearmente relacionados, quando comparados a períodos não epidêmicos. Apesar dos resultados não serem conclusivos, devido à falta de variáveis biológicas dos atletas analisados, os autores relataram que os efeitos da rHuEPO sobre os resultados de ciclistas profissionais podem ser superestimados⁶⁷.

De acordo com Juel et al.⁶⁸, o uso prolongado de rHuEPO não pode explicar o aumento do desempenho, corroborando com um único estudo que não observou efeito significativo sobre a velocidade máxima aeróbia em ratos, após administração de rHuEPO por 3 semanas⁶⁹. Acredita-se que o período de tratamento deste estudo tenha sido insuficiente para alterar a condição aeróbia dos animais, uma vez que grande parte dos estudos encontrados observou os efeitos do hormônio, a partir da quarta semana de tratamento (tabela 1).

Por fim, vale ressaltar que o tratamento com rHuEPO parece não influenciar os efeitos relacionados a adaptações musculares esqueléticas, incluindo, hipertrofia, biogênese mitocondrial, miogênese e angiogênese em diferentes tipos de fibras musculares^{13,69}.

Efeitos adversos decorrentes do uso indiscriminado da eritropoietina recombinante humana

Os riscos decorrentes da administração da rHuEPO já foram relatados há algumas décadas, como o caso de mortes durante repouso envolvendo ciclistas no início dos anos 90 em competição na Europa⁶. Os atletas que abusam deste hormônio recombinante geralmente consideram apenas o benefício ao desempenho e ignoram os eventuais efeitos adversos a curto e longo prazo^{70,71}. Por este motivo, alguns programas de conscientização sobre os efeitos colaterais foram criados de modo a minimizar a utilização indiscriminada deste hormônio no meio esportivo⁷².

Sabe-se que os atletas apresentam predisposição à hemoconcentração em virtude da desidratação que ocorre frequentemente após o esforço físico. Com isso, a administração da rHuEPO potencializaria este efeito desencadeando aumento excessivo do hematócrito, da viscosidade sanguínea e redução do débito cardíaco^{18,19}. Além disto, estudos relataram que o tratamento com rHuEPO pode desencadear hipertensão em indivíduos e em atletas, em virtude justamente do aumento da viscosidade sanguínea^{55,62} e ainda que as reações adversas mais frequentes relacionadas ao tratamento com rHuEPO são os acidentes trombovasculares, deficiência de ferro e hipertensão arterial sistêmica^{20,73}.

Meziri et al.⁷⁴ destacaram que a administração crônica de rHuEPO pode gerar graves efeitos colaterais cardiovasculares e desta forma os autores estudaram a rHuEPO e sua associação com o óxido nítrico, supondo que este pode proteger os efeitos nocivos cardiovasculares, em ratos treinados. Os resultados mostraram que o exercício impediu o aumento da pressão arterial induzida por um inibidor da síntese de óxido nítrico (170 ± 5 mmHg) e que os animais treinados e tratados com rHuEPO e óxido nítrico desenvolveram hipertensão arterial grave (228 ± 9 mmHg), sugerindo que a utilização de rHuEPO no esporte, a fim de melhorar o desempenho físico, representa um fator de risco elevado e fatal, especialmente com preexistência de risco cardiovascular.

No mesmo sentido, Piloto et al.⁷¹, após avaliarem os efeitos da rHuEPO sobre alterações cardiovasculares em ratos submetidos ao exercício aeróbio crônico, relataram que o tratamento hormonal aumenta não só o número de células vermelhas, mas também pode acarretar outras modificações cardiovasculares graves, tais como

hipertrofia do miocárdio, hipertensão, hiperatividade simpática e serotoninérgica.

Apesar dos efeitos colaterais decorrentes de seu uso indiscriminado, sabe-se que a administração de doses fisiológicas de rHuEPO é benéfica no tratamento de diversas doenças. Neste sentido, já foi demonstrado que a insuficiência cardíaca congestiva por anemia pode ser minimizada pelo tratamento da rHuEPO subcutânea e ferro endovenoso, melhorando assim a dispneia, fadiga, função cardíaca, função renal e capacidade de exercício, reduzindo a necessidade de hospitalização e melhorando a qualidade de vida^{75,76}.

Recomendações finais

Os estudos mostraram que o tratamento com rHuEPO, sob protocolos com diferentes dosagens e tempo, promove alterações da série vermelha do sangue, aumentando os níveis de eritrócitos e de Hb, tanto em humanos, quanto em animais.

Em relação aos efeitos deste hormônio recombinante sobre o desempenho atlético, todos os estudos ($n = 10$) encontraram aumento do $VO_{2\text{máx}}$ e tempo de exaustão, em humanos, na quarta semana de tratamento. Interessantemente, um estudo com animais não encontrou efeito significativo da capacidade aeróbia, utilizando apenas 3 semanas de administração. Assim, os achados indicam que o período ideal para obter-se uma ação representativa da rHuEPO sobre variáveis do desempenho físico é de, no mínimo, 4 semanas de tratamento.

Pelo fato dos estudos utilizarem diferentes protocolos de dosagens, o entendimento e a padronização das doses, que supostamente potencializaria o desempenho atlético com maior eficácia, foram dificultados. No entanto, observou-se que grande parte dos estudos utiliza de protocolos, incluindo doses de 50 e 60 UI/kg, nas primeiras semanas, com redução ao longo do tratamento.

Apesar dos estudos atribuírem a melhora do desempenho em razão da rHuEPO maximizar o transporte de O_2 no sangue, a presente revisão buscou apresentar outros efeitos da rHuEPO que ajudassem a explicar este fenômeno, uma vez que este efeito, isoladamente, é insuficiente para explicar o rendimento atlético, que depende de vários outros fatores, incluindo principalmente tipo de treinamento físico e genética.

Foi observado em diferentes estudos que além dos clássicos relacionados à eritropoiese, o tratamento com o hormônio pode influenciar o metabolismo anaeróbio, reduzindo as concentrações de lactato sanguíneo e ainda promover aumento das concentrações de ácidos graxos livres no sangue, de glicogênio muscular e de atividades específicas de enzimas oxidativas, citocromo C oxidase, L-3-hidroxiacil-CoA desidrogenase e fosfofrutoquinase no musculoesquelético.

Além disso, há relatos de que indivíduos treinados aerobicamente são altamente sensíveis aos efeitos da rHuEPO, bem como que o tratamento com o hormônio pode desencadear alterações emocionais e comportamentais, relacionados ao prazer, autoestima e aumento da libido.

Os efeitos adversos apresentados pelos estudos apontam sobre os riscos do uso indiscriminado de rHuEPO. O aumento da viscosidade sanguínea pode desencadear um quadro de acidentes trombovasculares em indivíduos tratados com o hormônio, além de outras reações adversas que também podem ocorrer, tais como hipertensão arterial e deficiência de ferro. Vale ressaltar que a rHuEPO em doses fisiológicas promove efeitos benéficos, podendo ser utilizado para o tratamento de diversas doenças, no entanto, esta prática sem prescrição médica é extremamente perigosa, além de ser considerada *doping* no âmbito esportivo.

Por fim, vale ressaltar a importância de novos estudos envolvendo o tratamento com rHuEPO e diferentes protocolos de treinamento físico. Assim como novos esclarecimentos sobre os

efeitos adversos, de modo a alertar e conscientizar atletas e indivíduos, que pretendem fazer uso deste hormônio recombinante ilícito.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Jacobs K, Shoemaker C, Rudersdorf R, Neill SD, Kaufman RJ, Mufson A, et al. Isolation and characterization of genomic and cDNA clones of human erythropoietin. *Nature*. 1985;313:6–10.
- Choi D, Kim M, Park J. Erythropoietin: Physico and biochemical analysis. *J Chromatogr B*. 1996;687:189–99.
- Tanaka T, Nangaku M. Recent advances and clinical application of erythropoietin and erythropoiesis-stimulating agents. *Exp Cell Res*. 2012;318:1068–73.
- Balestra C, Germonpré P. EPO and doping. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109:1001–2.
- Gareau R, Brisson GR, Chénard C, Gagnon MG, Audran M. Total fibrin and fibrinogen degradation products in urine: A possible probe to detect illicit users of the physical-performance enhancer erythropoietin? *Horm Res*. 1995;44:189–92.
- River L, Saugy M. Peptides hormones abuse in sport: State of the art in the detection of growth hormone and erythropoietin. *Toxin Rev*. 1999;18:145–76.
- Audran M, Gareau R, Matecki S, Durand F, Chenard C, Sicart MT, et al. Effects of erythropoietin administration in training athletes and possible indirect detection in doping control. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:639–45.
- Eklöf B, Berglund B. Effect of erythropoietin administration on maximal aerobic power in man. *Scand J Med Sci Sports*. 1991;2:88–93.
- Birkeland KI, Stray-Gundersen J, Hemmersbach P, Hallen J, Hug E, Bahr R. Effect of rhEPO administration on serum levels of sTfR and cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;7:1238–43.
- Lavoie C, Digueat A, Milot M, Gareau R. Erythropoietin (rHuEPO) doping: Effects of exercise on anaerobic metabolism in rats. *Int J Sports Med*. 1998;19:281–6.
- Connes P, Caillaud C, Mercier J, Bouix D, Casties JF. Injections of recombinant human erythropoietin increases lactate influx into erythrocytes. *J Appl Physiol*. 2004;97:326–32.
- Meierhenrich R, Jedicke H, Voigt A, Lange H. The effect of erythropoietin on lactate, pyruvate and excess lactate under physical exercise in dialysis patients. *Clin Nephrol*. 1996;45:90–7.
- Lundby C, Hellsten Y, Jensen MB, Munch AS, Pilegaard H. Erythropoietin receptor in human skeletal muscle and the effects of acute and long-term injections with recombinant human erythropoietin on the skeletal muscle. *J Appl Physiol*. 2008;104:1154–60.
- Lappin T. The cellular biology of erythropoietin receptors. *Oncologist*. 2003;8:15–8.
- Acs G, Xu X, Chu C, Acs P, Verma A. Prognostic significance of erythropoietin expression in human endometrial carcinoma. *Cancer*. 2004;100:2376–80.
- Schuler B, Vogel J, Grenacher B, Jacobs RA, Arras M, Gassmann M. Acute and chronic elevation of erythropoietin in the brain improves exercise performance in mice without inducing erythropoiesis. *FASEB J*. 2012;26(9):3884–90.
- Adamson JW. Regulation of red blood cell production. *Am J Med*. 1996;101:4–6.
- Aquino Neto FR. O papel do atleta na sociedade e o controle de dopagem no esporte. *Rev Bras Med Esporte*. 2001;7:1–11.
- Berardi D, Agati L. Cardiovascular adverse reactions after the administration of recombinant human erythropoietin: Light and shade. *Minerva Cardioangiol*. 2012;60:227–36.
- García JM, Sánchez ET, Hidalgo DO, Conejo EA. Erythropoietin pharmacology. *Clin Transl Oncol*. 2007;9:715–22.
- Lohmeyer JA, Essmann E, Richerson SJ, Hagel C, Egana JT, Condurache A, et al. Use of erythropoietin as adjuvant therapy in nerve reconstruction. *Langenbecks Arch Surg*. 2008;393:317–23.
- Schmidt CA, Ramos AS, Silva JEP, Fronza M, Dalmora SL. Avaliação da atividade e caracterização de eritropoietina humana recombinante em produtos farmacêuticos. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2003;47(2):183–9.
- Bento RMA, Damasceno LMP, Neto FRA. Eritropoietina humana recombinante no esporte: uma revisão. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9(3):169–80.
- Bahlmann FH, Fliser D. Erythropoietin and renoprotection. *Hypertension*. 2009;18:15–20.
- Engert A. Recombinant human erythropoietin in oncology: Current status and further developments. *Ann Oncol*. 2005;16:1584–95.
- Hardee ME, Arcasoy MO, Blackwell KL, Kirkpatrick JP, Dewhirst MW. Erythropoietin biology in cancer. *Clin Cancer Res*. 2006;12(2):332–9.
- Hsieh MM, Linde NS, Wynter A, Metzger M, Wong C, Langsetmo I, et al. HIF prolyl hydroxylase inhibition results in endogenous erythropoietin induction, erythrocytosis, and modest fetal hemoglobin expression in rhesus macaques. *Blood*. 2007;110:2140–7.
- Jelkmann W, Pagel H, Wolff M, Fandrey J. Monokines inhibiting erythropoietin production in human hepatoma cultures and in isolated perfused rat kidneys. *Life Sci*. 1992;50:301–8.
- Tentori L, Graziani G. Doping with growth hormone/IGF-1, anabolic steroids or erythropoietin: Is there a cancer risk? *Pharmacol Res*. 2007;55:359–69.
- Ng T, Marx G, Littlewood T, Macdougall I. Recombinant erythropoietin in clinical practice. *Postgrad Med J*. 2003;79:367–76.
- Robach P, Schmitt EL, Brugniaux JV, Nicolet G, Duvallet A, Fouillot JP, et al. Living high–training low: Effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers. *Eur J Appl Physiol*. 2006;97:695–705.
- Tsitsimpikou C, Kouretas D, Tsarouhas K, Fitch K, Spandidos DA, Tsatsakis A. Applications and biomonitoring issues of recombinant erythropoietins for doping control. *Ther Drug Monit*. 2011;33:3–13.
- Jelkmann W. Erythropoietin: Structure, control of production and function. *Physiol Rev*. 1992;72:449–89.
- Inoue N, Takeuchi M, Ohashi H, Suzuki T. The production of recombinant human erythropoietin. *Biotechnol Annu Rev*. 1995;1:297–313.
- Skibeli V, Nielsen-Lie G, Torjesen P. Sugar profiling proves that human serum erythropoietin differs from recombinant human erythropoietin. *Blood*. 2001;98:3626–34.
- Storring PL, Tiplady RJ, Gaines Das RE, Stenning BE, Lamikanra A, Rafferty B, et al. Epoetin alfa and beta differ in their erythropoietin isoform compositions and biological properties. *Br J Haematol*. 1998;100:79–89.
- Macdougall IC. Meeting the challenges of a new millennium: Optimizing the use of recombinant human erythropoietin. *Nephrol Dial Transplant*. 1998;13:23–7.
- Christensen B, Sackmann-Sala L, Cruz-Topete D, Jorgensen JO, Jessen N, Lundby C, et al. Novel serum biomarkers for erythropoietin use in humans: A proteomic approach. *J Appl Physiol*. 2011;110:149–56.
- Köhler M, Ayotte C, Desharnais P, Flenker U, Lüdke S, Thevis M, et al. Discrimination of recombinant and endogenous urinary erythropoietin by calculating relative mobility values from SDS gels. *Int J Sports Med*. 2008;29:1–6.
- Abellan R, Ventura R, Pichini S, Palmi I, Bellver M, Olive R, et al. Effect of physical fitness and endurance exercise on indirect biomarkers of recombinant erythropoietin misuse. *Int J Sports Med*. 2007;28:9–15.
- Robinson N, Giraud S, Saudan C, Baume N, Avois L, Mangin P, et al. Erythropoietin and blood doping. *Br J Sports Med*. 2006;40:30–4.
- Lundby C, Achman-Andersen NJ, Thomsen JJ, Norgaard AM, Robach P. Testing for recombinant human erythropoietin in urine: Problems associated with current anti-doping testing. *J Appl Physiol*. 2008;105:417–9.
- Lamon S, Robinson N, Saugy M. Procedures for monitoring recombinant erythropoietin and analogs in doping. *Endocrinol Metab Clin N Am*. 2010;39:141–54.
- Tsivou M, Georgakopoulos DG, Dimopoulou HA, Koupparis MA, Atta-Politou J, Georgakopoulos CG. Stabilization of human urine abuse in sports: The antidoping perspective. *Asian J Androl*. 2008;10:391–402.
- John MJ, Jaish V, Jain K, Kakkar N, Jacob JJ. Erythropoietin use and abuse. *Indian J Endocrinol Metab*. 2012;16:220–7.
- Robach P, Recalcati S, Girelli D, Gelfi C, Achmann-Andersen NJ, Thomsen JJ. Alterations of systemic and muscle iron metabolism in human subjects treated with low-dose recombinant erythropoietin. *Blood*. 2009;113(26):6707–15.
- Ashenden M, Clare E, Gough CE, Garnham A, Gore CJ, Sharpe K. Current markers of the Athlete Blood Passport do not flag microdose EPO doping. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111:2307–14.
- Lundby C, Robach P. Assessment of total haemoglobin mass: Can it detect erythropoietin-induced blood manipulations? *Eur J Appl Physiol*. 2010;108:197–200.
- Ninot G, Connes P, Caillaud C. Effects of recombinant human erythropoietin injections on physical self in endurance athletes. *J Sports Sci*. 2006;24:383–91.
- Verbrugge DJ, Goodnough LT. The effect of recombinant human erythropoietin treatment on the endurance performance of Sprague-Dawley rats. *Scand J Clin Lab Invest*. 1994;54:55–9.
- Kiss MAPDM, Böhme MTS, Mansoldo AC, Degaki E, Regazzini M. Desempenho e talento esportivos. *Rev Paul Educ Fis*. 2004;18:89–100.
- Jelkmann W, Lundby C. Blood doping and its detection. *Blood*. 2011;118(9):2395–404.
- Russell G, Gore CJ, Ashenden MJ, Parisotto R, Hahn AG. Effects of prolonged low doses of recombinant human erythropoietin during submaximal and maximal exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2002;86:442–9.
- Lundby C, Robach P, Boushel R, Thomsen JJ, Rasmussen P, Koskolou M, et al. Does recombinant human Epo increase exercise capacity by means other than augmenting oxygen transport? *J Appl Physiol*. 2008;105:581–7.
- Thomsen JJ, Rentsch RL, Robach P, Calbet JAL, Boushel R, Rasmussen P, et al. Prolonged administration of recombinant human erythropoietin increases submaximal performance more than maximal aerobic capacity. *Eur J Appl Physiol*. 2007;101:481–6.
- Wilkerson DP, Rittweger J, Berger NJ, Naish PF, Jones AM. Influence of recombinant human erythropoietin treatment on pulmonary O₂ uptake kinetics during exercise in humans. *J Physiol*. 2005;15:639–52.
- Durussel J, Daskalaki E, Anderson M, Chatterji T, Wondimu DH, Padmanabhan N, et al. Haemoglobin mass and running time trial performance after recombinant human erythropoietin administration in trained men. *PLoS One*. 2013;8(2):e56151.
- Zagatto AM, Papoti M, Caputo F, Mendes OC, Denadai BS, Baldissera V, et al. Comparação entre a utilização de saliva e sangue para determinação do lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço em mesa-tenistas. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10:475–80.
- Freitas JS, Junior MAC, Franco FSC, Rezende LS, Santos AS, Maia HO, et al. Treinamento aeróbico em natação melhora a resposta de parâmetros metabólicos de ratos durante teste de esforço. *Rev Bras Med Esporte*. 2010;16(2):134–8.
- Caillaud C, Maire P, Duvallet A, Wahrmann JP. Erythropoietin induces a shift of muscle phenotype from fast glycolytic to slow oxidative. *Int J Sports Med*. 2008;29:460–5.

62. Rasmussen P, Foged EM, Krogh-Madsen R, Nielsen J, Nielsen TR, Olsen NV, et al. Effects of erythropoietin administration on cerebral metabolism and exercise capacity in men. *J Appl Physiol*. 2010;109:476–83.
63. Katz O, Stuiblé M, Golishevski N, Lifshitz L, Tremblay ML, Gassmann M, et al. Erythropoietin treatment leads to reduced blood glucose levels and body mass: Insights from murine models. *J Endocrinol*. 2010;205:87–95.
64. Mikolás E, Cseh J, PAP M, Szijarto IA, Balogh A, Laczy B, et al. Effects of erythropoietin on glucose metabolism. *HormMetab Res*. 2012;44:279–85.
65. Christensen B, Vendelbo MH, Krusenstjerna-Hafstrom T, Madsen M, Pedersen SB, Jessen N, et al. Erythropoietin administration acutely stimulates resting energy expenditure in healthy young men. *J Appl Physiol*. 2012;112:1114–21.
66. Lin X, Qu S, Hu M, Jiang C. Protective effect of erythropoietin on renal injury induced by acute exhaustive exercise in the rat. *Int J Sports Med*. 2010;31:847–53.
67. Lodewijkx HF, Brouwer B. Some empirical notes on the epo epidemic in professional cycling. *Res Q Exerc Sport*. 2011;82:740–54.
68. Juel C, Thomsen JJ, Rentsch RL, Lundby C. Effects of prolonged recombinant human erythropoietin administration on muscle membrane transport systems and metabolic marker enzymes. *Eur J Appl Physiol*. 2007;102:41–4.
69. Martinez-Bello VE, Sanchis-Gomar F, Romagnoli M, Derbre F, Gomez-Cabrera MC, Vina J. Three weeks of erythropoietin treatment hampers skeletal muscle mitochondrial biogenesis in rats. *J Physiol Biochem*. 2012;68(4):593–601.
70. Eagleton HJ, Littlewood TJ. Update on the clinical use and misuse of erythropoietin. *Curr Hematol Rep*. 2003;2:109–15.
71. Piloto N, Teixeira HM, Teixeira-Lemos E, Parada B, Garrido P, Sereno J, et al. Erythropoietin promotes deleterious cardiovascular effects and mortality risk in a rat model of chronic. *Cardiovasc Toxicol*. 2009;9:201–10.
72. Cunha TS, Cunha NS, Moura MJCS, Marcondes FK. Esteróides anabólicos androgênicos e sua relação com a prática desportiva. *Braz J Pharm Sci*. 2004;40:165–79.
73. Jones EH. Recombinant human erythropoietin. *Am J Hosp Pharm*. 1989;46:20–3.
74. Meziri F, Binda D, Touati S, Pellegrin M, Berthelot A, Touyz RM, et al. Exercise aggravates cardiovascular risks and mortality in rats with disrupted nitric oxide pathway and treated with recombinant human erythropoietin. *Eur J Physiol*. 2011;111:1929–38.
75. Guglin ME, Koul D. Cardiovascular effects of erythropoietin: anemia and beyond. *Cardiol Rev*. 2006;14:200–4.
76. Manolis AS, Tzeis S, Triantafyllou K, Michaelidis J, Pyrrros I, Sakellaris N, et al. Erythropoietin in heart failure and other cardiovascular diseases: Hematopoietic and pleiotropic effects. *Curr Drug Targets Cardiovasc Haematol Disord*. 2005;5:355–75.



Caso clínico

Beneficios de un programa de ejercicio multicomponente de baja intensidad y corta duración en la miastenia gravis. A propósito de un caso



B. Fernández-Santos^a y J. de D. Beas-Jiménez^{b,*}

^a Pilates Spain S.L.U., Body Evolution Pilates Tampico, Madrid, España

^b Sección de Medicina Deportiva, Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Sevilla, Consejería de Educación, Cultura y Deporte, Junta de Andalucía, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 23 de agosto de 2013

Aceptado el 8 de septiembre de 2014

Palabras clave:

Promoción de la salud

Ejercicio aeróbico

Entrenamiento de fuerza

Ejercicios flexibilidad

Miastenia gravis

RESUMEN

Se expone un caso clínico de una paciente con miastenia gravis (MG) sometida a un programa multicomponente de ejercicio, de baja intensidad, de 2 sesiones semanales durante 4 semanas consistente en Pilates suelo, trabajo de fuerza y de flexibilidad. El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de este programa en la capacidad funcional y la percepción del estado de salud de la paciente. Antes y después de la realización del programa se efectuaron test funcionales y se administró el cuestionario SF-36® para valoración de la percepción del estado de salud.

Resultados: Se observaron mejoras en todos los test de valoración de la resistencia y de la fuerza y en la percepción del estado de salud.

Conclusiones: Un programa de ejercicio individualizado de corta duración y baja intensidad puede mejorar la capacidad funcional y la percepción del estado de salud en pacientes con MG.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Benefits of an exercise program multi-component of low intensity and short duration in myasthenia gravis. Case study

ABSTRACT

We report a clinical case of a patient with Myasthenia Gravis (MG), subject to a multi-component exercise program, low-intensity, two weekly sessions, during four weeks, consisting of Pilates floor, resistance and flexibility training. The aim of this study was to analyze the effects of this program on functional capacity and perceived health status of the patient. Before and after program implementation functional tests were performed and the SF-36® questionnaire for assessment of perceived health status was filled in.

Results: improvements were observed in all the tests used for assessing the aerobic capacity, the resistance and the perceived health status.

Conclusions: An individualized exercise program of short duration, and low intensity, may improve functional capacity and perceived health status in patients with MG.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords:

Health promotion

Aerobic exercise

Resistance training

Muscle stretching exercises

Myasthenia gravis

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: juand.beas@juntadeandalucia.es (J. de D. Beas-Jiménez).

Beneficios de un programa de ejercicio multicomponente de baja intensidad e corta duración na miastenia gravis. Estudio de caso

R E S U M O

Palabras-chave:

Promoção da saúde
Exercício aeróbico
Treinamento de força
Exercícios de flexibilidade
Miastenia gravis

Um caso clínico de um paciente com miastenia grave (MG) submetido a um programa de exercício multicomponente de baixa intensidade realizado em 2 sessões por semana durante 4 semanas, consistindo de Pilates no solo treinando força e flexibilidade. O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos deste programa na capacidade funcional e na percepção do estado de saúde do paciente. Antes e após a execução do programa foram realizados testes funcionais e aplicado o questionário SF-36® para avaliação da percepção do estado de saúde.

Resultados: Foi observada melhora em todos os testes de avaliação da resistência, da força e da percepção do estado de saúde.

Conclusões: Um programa de exercício individualizado de curta duração e baixa intensidade pode melhorar a capacidade funcional e percepção do estado de saúde em pacientes com MG.

© 2013 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos os direitos reservados.

Introducción

La miastenia gravis (MG) es una enfermedad neuromuscular crónica causada por el bloqueo, interferencia o destrucción de los receptores de acetilcolina de la unión neuromuscular por autoanticuerpos; cursa con debilidad músculo-esquelética con pérdida progresiva de fuerza que se recupera tras el reposo y reaparece con el ejercicio¹. Hemos encontrado pocas publicaciones sobre los efectos de la práctica de ejercicio en la MG²⁻⁹. El sedentarismo puede añadir una importante comorbilidad, lo que hace necesario luchar contra él para mejorar la calidad de vida en la MG.

Los pacientes con MG pueden beneficiarse de programas supervisados de ejercicio físico individualizado, en función de la situación clínica del paciente, adaptando cada sesión al nivel de fatiga del participante y a las condiciones ambientales de cada momento^{2,4-8}.

Son pocos los trabajos publicados sobre los beneficios de la práctica de ejercicio físico en pacientes con MG^{2,3,5-8}, utilizan diferentes programas de ejercicio, periodos de tiempo y tamaños muestrales. Hemos encontrado estudios con uno^{2,3,8,9}, 10^{6,7} y 11 pacientes⁵.

Algunos de ellos refieren casos clínicos^{3,9} y otros abordan los efectos de diversos programas de ejercicio (aeróbico⁸, fuerza² o respiratorios^{6,7}). En cuanto a la resistencia se han constatado incrementos del 50% en el consumo máximo de oxígeno (VO₂máx), con un programa de ejercicio aeróbico 5 días por semana durante 3 meses, a intensidades bajas o moderadas (60% de la frecuencia cardíaca máxima, FCmáx), mejoras en la calidad de vida, composición corporal e independencia de una paciente con MG⁸. Tras entrenamiento de fuerza con diferentes programas (ejercicios respiratorios^{6,7}, ejercicios de fuerza y suplementación de monohidrato de creatina [MoCr]² o ejercicios de fuerza isométricos con cargas leves⁵) se consiguieron mejorar los diversos parámetros de la fuerza analizados. No hemos encontrado trabajos que comuniquen resultados sobre el entrenamiento de la flexibilidad en estos pacientes. El estudio de la MG en deportistas activos^{3,9} aporta una serie de observaciones anecdóticas sobre el debut de la MG en un deportista semiprofesional³ o el de un atleta que con MG termina una carrera de fondo consistente en correr 220 km en 5 días⁹.

El sedentarismo puede conducir a sarcopenia¹⁰, en este sentido el entrenamiento de la fuerza es recomendable en pacientes con MG, ya que contribuiría a la prevención de la sarcopenia y de otras comorbilidades y podría, por su efecto antiinflamatorio, modular los procesos inflamatorios autoinmunes presentes en la MG.

El objetivo de este estudio es exponer los efectos de un programa multicomponente (ejercicios de Pilates, fuerza-resistencia y

flexibilidad), en la capacidad funcional y percepción del estado de salud, de una paciente con MG.

Caso clínico

Exponemos los efectos de un programa de ejercicio en una paciente (55 años, 58 kg, 158 cm y 22,83 kg/m²), jubilada por incapacidad física, con MG grado III de 2 años de evolución, con marcada debilidad muscular, especialmente cervical (necesitaba sujetar con las manos su cabeza cuando comía o cuando se iba a tumbar) y que, a nivel dorsal, le causaba una actitud cifótica. Había recibido tratamiento con plasmaféresis, Prograf® e Inmurel® y durante el programa de ejercicio tomaba Ciclosporina® (500 mg/15 días), Dacortin® (5 mg/24 h), Escitalopram® (10 mg/24 h), Mestinon® (60 mg/8 h), Lanzoprazol® (30 mg/24 h), Lexatin® (1,5 mg/24 h) y Calcium Sandoz D® (1.000 mg/880 UI/24 h). No se le había practicado timectomía aunque su situación era de eutiroidismo con presencia de nódulos tiroideos y además padecía osteoporosis. Tras ser informada dio su consentimiento por escrito para su participación en el estudio. El diseño y realización de esta investigación respetaron las recomendaciones éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el comité de Ética de Asociación Miastenia de España (AMES).

Programa de ejercicio y valoraciones efectuadas

El programa de ejercicio se inició el 20 de junio de 2012 y concluyó el 17 de julio de 2012 y consistió en la realización de 2 sesiones matinales semanales. Los componentes de cada sesión (tabla 1) consistían en ejercicios de Pilates suelo, ejercicios de fuerza para los grupos musculares de bíceps, tríceps, pectoral y dorsal ancho, mediante contracciones auxotónicas, con banda elástica de dureza baja (Domyos® Villeneuve D'Ascq. Francia), ejercicios de propiocepción de tobillo con pelota 100% de FOAM de 16 cm (Gui-an S.L. Servicios Deportivos®, San Sebastián de los Reyes, Madrid), ejercicios de flexibilidad (ejercicios pasivos asistidos de cuádriceps, isquiotibiales, sóleo, cuadrado lumbar, dorsal ancho, trapecios, esternocleidomastoideo, tríceps, deltoides y pectoral) y ejercicios de facilitación neuromuscular propioceptiva (PNF) asistidos por un fisioterapeuta profesional (isquiotibiales, cuádriceps, cuadrado lumbar, dorsal y trapecios). Durante las sesiones de ejercicio se monitorizó la frecuencia cardíaca (FC) para evitar que esta aumentase más de 30 pulsaciones por minuto (ppm).

Tabla 1

Ejemplos de los componentes de una sesión de ejercicio realizada por la paciente

Componentes	
Sesión 1	Sesión 2
Calentamiento:	Calentamiento:
- Respiraciones profundas	- Respiraciones profundas
- Movilidad de hombros	- Movilidad de hombros
- Ejercicio «cien»	- Anteverciones y retroverciones de caderas
Parte principal:	Parte principal:
- Circunducciones de caderas (4 repeticiones por cadera)	- Cien: 100 bombeos con los brazos con caderas flexionadas a 90° y brazos extendidos a la altura de las caderas. Cinco bombeos inhala y 5 exhala
- Puente sobre hombros (6 repeticiones)	- Circunducciones de caderas (6 repeticiones en cada sentido y con cada pierna)
- Flexión de tronco asistida con goma elástica, sentada con piernas alineadas a la altura de la cadera (5 repeticiones)	- Estiramientos con un brazo (8 repeticiones)
- Balanceos de espalda (decúbito supino con las rodillas al pecho) (10 repeticiones)	- Puente de hombros (8 repeticiones)
- Decúbito supino con rodillas al pecho, una permanece flexionada y otra se estira (8 repeticiones)	- Estiramientos de ambos brazos (6 repeticiones)
- Estiramientos de espalda y hombros (12 segundos)	- Decúbito supino con hombros extendidos, subir y bajar hombros (8 repeticiones)
- Ejercicios de movilidad lumbar en cuadrupedia (6 repeticiones)	- Ejercicios de movilidad lumbar en cuadrupedia (6 repeticiones)
	- Natación en cuadrupedia (6 repeticiones)
	- Posición de descanso (12")
	- Ejercicios de propiocepción en apoyo monopodal sobre gomaespuma
Vuelta a la calma:	Vuelta a la calma:
- PNF de cuádriceps e isquiotibiales	- PNF de isquiotibiales y cuádriceps
- Estiramientos abductores y piramidal	- Estiramientos pasivos asistidos de lumbares, piramidal, pectoral y cervicales
- Flexión de tronco en sedestación	- Autoestiramientos de tríceps sural
- Estiramientos de gemelos, tríceps sural y lumbares	
- Estiramientos pasivos de cuello	

PNF: facilitación neuromuscular propioceptiva.

Al inicio y al final del estudio se midieron: peso (kg), talla (cm) mediante báscula con tallímetro (modelo PS10[®]DINA, Derio, España), FC en reposo, en ejercicio y a 1 y 3 minutos de recuperación mediante pulsímetro (modelo M22 Polar[®], Helsinki, Finlandia) y presión arterial (PA, en mmHg) mediante tensiómetro (modelo M2 BASIC OMRON HEALTHCARE[®], Hoofddorp, Holanda). En cada sesión de ejercicio se determinaron la temperatura y la humedad ambientales mediante un termómetro-higrómetro-barómetro-altímetro-cronómetro digital modelo AT701-H[®] (Atech Navigator, Hirschau, Alemania). Para valorar el ejercicio realizado se midió el tiempo de ejercicio completado.

A la paciente se le practicaron, al inicio y al final del programa, los siguientes test:

- Caminata de 6 minutos (Six-minute Walk Test, 6MWT)¹¹, la distancia recorrida se midió mediante un podómetro modelo Dista Newfeel 100[®] (Oxylane, Madrid, España)
- Dinamometría manual: se midió la fuerza máxima ejercida por la paciente al instante y la fuerza resistencia (aquella que aplica el sujeto durante 10" con cada mano, manteniendo el brazo estirado y presionando la perilla del dinamómetro tanto como se pueda) en ambos miembros superiores^{12,13}. Para evitar que la fatiga alterase los resultados, se instruyó a la paciente un día y se realizó la prueba al siguiente. Ambas variables se midieron en kg mediante

Tabla 2

Resultados de los test funcionales al inicio y al final del estudio

Resultados test funcionales	CAM	
	Inicio	Fin
Momento		
Test caminata 6' (km)	0,33	0,40
Test sentadillas (repeticiones)	0	6
MD fuerza máxima (kg)	5,44	5,44
MD fuerza resistencia (kg)	2,94	3,62
MI fuerza máxima (kg)	3,62	4,53
MI fuerza resistencia (kg)	2,72	3,62
Flexibilidad BD (cm)	3	1
Flexibilidad BI (cm)	4	2
Flexibilidad extremidades Inferiores (cm)	0	6

BD: brazo derecho; BI: brazo izquierdo; CAM: iniciales del nombre de la paciente; cm: centímetros;; kg: kilogramos; km: kilómetros; MD: mano derecha; MI: mano izquierda.

- un dinamómetro de precisión 100 g (modelo SH50008 Squeeze Saehan Corporation[®], North Lincolnshire, Inglaterra).
- Flexibilidad de tronco, extremidades superiores e inferiores¹⁴: la paciente se sentó al borde de una silla de 44 cm de altura. Una pierna permanecía flexionada con la planta del pie apoyada en el suelo. La otra estirada lo máximo posible, con el talón en contacto con el suelo y el pie en flexión de 90°. Espalda y cabeza erectas. La mano derecha colocada encima de la izquierda, con los terceros dedos superpuestos. Se invitó a la paciente a alcanzar la punta del pie con las manos mientras se expulsa el aire. Se realizó un intento con cada pierna. Se permitió una familiarización previa al test. El resultado es la máxima distancia alcanzada (cm), mantenida durante 2", medida con cinta antropométrica (Clase I modelo CM040 Gisibérica[®], Cáceres, España).
- Flexibilidad de extremidades superiores¹⁴: la participante se colocó en bipedestación, con una de las manos por encima del hombro, con el codo apuntando hacia arriba, los dedos extendidos con la palma de la mano hacia la escápula e intentando deslizar esta lo máximo posible a lo largo de la espalda. Al mismo tiempo, se colocaba la otra mano detrás de la espalda, con el dorso hacia la zona dorsal, intentando alcanzar o sobrepasar la otra mano. Se realizó un intento con cada brazo. Hubo una familiarización previa al test. El resultado es la mínima distancia (cm) alcanzada entre los terceros dedos de ambas manos, mantenida durante 2", medida mediante cinta antropométrica (Clase I modelo CM040 Gisibérica[®], Cáceres, España).
- Fuerza de las extremidades inferiores: se midió el número de sentadillas realizadas en 30" con las manos cruzadas sobre el pecho¹⁴. Se ha utilizado una silla de 44 cm de altura y un cronómetro (modelo AT701-H[®] Atech, Hirschau, Alemania).

Para valorar la percepción del estado de salud se le aplicó el cuestionario de Percepción del Estado de Salud y Calidad de Vida SF-36 validada para español por Alonso et al.¹⁵.

Los resultados de los test funcionales y del test de Percepción del Estado de Salud, SF-36, obtenidos al inicio y tras realizar el programa de ejercicios, se muestran en las tablas 2 y 3 respectivamente.

Discusión

El principal interés del presente caso clínico es que un programa de ejercicio individualizado de baja intensidad y corta duración ha mejorado las cualidades físicas y percepción del estado de salud de una paciente con MG grado III. La mejora de la fuerza y de la capacidad aeróbica sería consecuencia de la realización de ejercicios de fuerza resistencia, mientras que los ejercicios propios del Pilates y el programa específico de flexibilidad y PNF serían los responsables de la mejora en la flexibilidad. Ambos beneficios motivaron una mejor percepción del estado de salud.

Tabla 3

Resultados del test SF-36 sobre percepción del estado de salud obtenidos por la paciente antes y al final del programa de ejercicio

Resultados test SF-36 (0-100 puntos)	CAM	
	Inicio	Fin
Momento	10	40
Función física	10	40
Rol físico	0	0
Dolor corporal	10	45
Salud general	20,83	20,83
Vitalidad	28,25	38,25
Función social	37,5	37,5
Rol emocional	100	100
Salud mental	44	56
Total percepción estado de salud	31,32	42,19

CAM: iniciales del nombre de la paciente.

Ninguno de los trabajos que hemos consultado²⁻⁹ analiza los efectos de un programa de ejercicios multicomponente (Pilates, fuerza-resistencia y flexibilidad) ni ha individualizado el programa, en función de la clínica del paciente con MG y las condiciones ambientales diarias.

La duración del periodo de estudio de nuestro trabajo ha sido corta en relación con otros trabajos previos. El trabajo de Stout et al.², que valora el programa de fuerza, con suplementación de MoCr, realizado por un varón, tuvo una duración de 15 semanas con 3 sesiones semanales de ejercicio. Lohi et al.⁵ prescribieron un programa de fuerza a 11 pacientes con MG de grado leve o moderado y de 10 semanas de duración, y evaluaron la fuerza isométrica máxima al final del mismo. El estudio de Lucía et al.⁸ administra un programa de ejercicio aeróbico, con tan solo una participante, que realizó caminatas, 5 veces por semana durante 3 meses, hasta completar periodos continuos de 60'. Otros estudios, consistentes en la realización de programas de ejercicios respiratorios, tuvieron una duración de 3 meses⁶ y de 6 semanas⁷. Pese a la corta duración de nuestro programa hemos podido constatar la mejora en test de resistencia, fuerza y flexibilidad y la percepción del estado de salud.

Para futuras investigaciones, creemos conveniente el análisis de programas de ejercicio multicomponente, con mayor tamaño muestral, para contrastar los resultados hasta la fecha publicados. Se hacen precisos estudios que analicen los efectos del desentrenamiento en la MG, para precisar la mínima intensidad y la periodicidad adecuadas de los programas de ejercicio para la MG.

La aplicación práctica de los resultados de nuestro trabajo es relevante, ya que mostramos la utilidad de un programa multicomponente, de corta duración y baja intensidad en la MG y sugerimos

la inclusión de ejercicios de flexibilidad en los programas de ejercicio diseñados para esta enfermedad.

Conclusiones

Un programa de ejercicio de baja intensidad y corta duración puede beneficiar la capacidad funcional y la calidad de vida de pacientes con MG.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses

Bibliografía

1. Blanco-Hernández T, Navarré-Gimeno A, Brocalero-Camacho A, Cervelló-Donderis A, López-Trigo J, Ortiz-Sánchez P, et al. Methods for diagnosing seronegative myasthenia gravis. *Rev Neurol*. 2008;46(6):360-4.
2. Stout JR, Eckerson JM, May E, Coulter C, Bradley-Popovich GE. Effects of resistance exercise and creatine supplementation on myasthenia gravis: A case study. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(6):869-72.
3. Leddy JJ, Chutkow JG. Myasthenia gravis in a collegiate football player. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(12):1975-9.
4. Stalberg E. Clinical electrophysiology in myasthenia gravis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1980;43(7):622-33.
5. Lohi EL, Lindberg C, Andersen O. Physical training effects in myasthenia gravis. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74(11):1178-80.
6. Rassler B, Hallebach G, Kalischewski P, Baumann I, Schauer J, Spengler CM. The effect of respiratory muscle endurance training in patients with myasthenia gravis. *Neuromuscul Disord*. 2007;17(5):385-91.
7. Rassler B, Marx G, Hallebach S, Kalischewski P, Baumann I. Long-Term respiratory muscle endurance training in patients with myasthenia gravis: First Result after four months of training. *Autoimmune Dis [Revista electrónica]*. 2011, 808697 [consultado 3 Oct 2014], Disponible en: <http://www.hindawi.com/journals/ad/2011/808607/>
8. Lucía A, Maté JL, Pérez M, Foster C, Gutiérrez E, Arenas J. Double trouble (McArdle's disease and myasthenia gravis: How can exercise help? *Muscle Nerve*. 2007;35(1):125-8.
9. Volker B, Valero-Burgos E, Costa R. Myasthenia gravis and endurance exercise. *Am J Phys Med Rehabil*. 2012;91:725-7.
10. Beas-Jiménez JD, López-Lluch G, Sánchez-Martínez I, Muro-Jiménez A, Rodríguez Bies E, Navas P. Sarcopenia: Implications of physical exercise in its pathophysiology, prevention and treatment. *Rev Andal Med Deporte*. 2011;4(4):158-66.
11. Butland RJ, Pang J, Gross ER, Woodcock AA, Geddes DM. Two-, six, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1982;284(6329):1607-8.
12. Newman DG, Peran J, Barnes A, Young CM, Kehoe M, Newman J. Norms for hand grip strength. *Arch Dis Child*. 1984;59:453-9.
13. Roberts HC, Haylay JD, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. *Age Ageing*. 2011;40(4):423-9.
14. Rikli RE, Jones CJ. Senior fitness test manual. *Human Kinetics*. 2001.
15. Alonso J, Prieto L, Antó JM. La versión española del SF-36 Health Survey (Cuestionario de Salud SF-36): un instrumento para la medida de los resultados clínicos. *Med Clin (Barc)*. 1995;104:771-6.



JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE

CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

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

Teléfono
955 540 186

Fax
955 40 623

e-mail
ramd.ccd@juntadeandalucia.es