

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 10 Número. 1

Marzo 2017



RAMD

Editorial

Revista Andaluza de Medicina del Deporte: Balance 2016

Originales

Efectos del ejercicio aeróbico interválico, combinado con entrenamiento de fuerza y de la restricción calórica, sobre la composición corporal de ratas obesas

Aptitud física y habilidades cognitivas

Comparison of conventional hamstring/quadriceps ratio between genders in level-matched soccer players

Physical activity and sleep of persons living with HIV/AIDS: A systematic review

Caracterização e influência dos indicadores de obesidade central, aptidão cardiorrespiratória e nível de atividade física sobre a pressão arterial de escolares

Revisión

La fatiga como estado motivacional subjetivo

Caso clínico

Caso clínico: tratamiento quirúrgico de la neuropatía cubital por pseudoartrosis del gancho del hueso ganchoso

ISSN: 1888-7546

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte*

Editor

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

Coeditor

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

Coordinación Editorial

Covadonga López López

Comité Editorial

José Ramón Alvero Cruz
(Universidad de Málaga, España)

Eloy Cárdenas Estrada
(Universidad de Monterrey, México)

José Alberto Duate
(Universidade do Porto, Portugal)

Russell Foulk
(University of Washington, USA)

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

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

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

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

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

José Naranjo Orellana
(Universidad Pablo Olavide, España)

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

Fátima Olea Serrano
(Universidad de Granada, España)

Juan Ribas Serna
(Universidad de Sevilla, España)

Jesús Rodríguez Huertas
(Universidad de Granada, España)

Nick Stergiou
(University of Nebraska, USA)

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

Carlos Ugrinowitsch
(Universidade de São Paulo, Brasil)

Luísa Estriga
(Universidade do Porto, Portugal)

David Jiménez Pavón
(Universidad de Cádiz, España)

Comité Científico

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

Guillermo Álvarez-Rey
(Universidad de Málaga, España)

Natàlia Balagué
(Universidad de Barcelona, España)

Benno Becker Junior
(Universidade Luterana do Brasil, Brasil)

Ciro Brito
(Universidade Católica de Brasília, Brasil)

João Carlos Bouzas
(Universidade Federal de Viçosa, Brasil)

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

Luis Carrasco Páez
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Madalena Costa
(Harvard Medical School, Boston, USA)

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

Moisés de Hoyo Lora
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Miguel del Valle Soto
(Universidad de Oviedo, España)

Alexandre Dellal
(FIFA Medical Center of Excellence, Lyon, France)

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)

Carlos Lago Peñas
(Universidad de Vigo, España)

Fernando Martín
(Universidad de Valencia, España)

Italo Monetti
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)

Alexandre Moreira
(Universidade de São Paulo, Brasil)

Elisa Muñoz Gomariz
(Hospital Universitario Reina Sofía, España)

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

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

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

Manuel Rosety Plaza
(Universidad de Cádiz, España)

Carlos Ruiz Cosano
(Universidad de Granada, España)

Jonatan Ruiz Ruiz
(Universidad de Granada, España)

Borja Sañudo Corrales
(Universidad de Sevilla, España)

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

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

Diana Vaamonde Martín
(Universidad de Córdoba, España)

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

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



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

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

Publicación trimestral (4 números al año).

© 2017 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía
Glorieta Beatriz Manchón, s/n (Isla de la Cartuja) 41092 Sevilla

Esta revista y las contribuciones individuales contenidas en ella están protegidas por las leyes de copyright, y los siguientes términos y condiciones se aplican a su uso, además de los términos de cualquier licencia Creative Commons que el editor haya aplicado a cada artículo concreto:

Fotocopiar. Se pueden fotocopiar artículos individuales para uso personal según lo permitido por las leyes de copyright. No se requiere permiso para fotocopiar los artículos publicados bajo la licencia CC BY ni para fotocopiar con fines no comerciales de conformidad con cualquier otra licencia de usuario aplicada por el editor. Se requiere permiso de la editorial y el pago de una tasa para todas las demás fotocopias (en este caso, dirijase a CEDRO [www.cedro.org]).

Productos derivados. Los usuarios pueden reproducir tablas de contenido o preparar listas de artículos, incluyendo resúmenes de circulación interna dentro de sus reproductoras o empresas. A parte de los artículos publicados bajo la licencia CC BY, se requiere autorización de la editorial para su reventa o distribución fuera de la institución o empresa que se suscribe. Para cualquier artículo o artículos suscritos publicados bajo una licencia CC BY-NC-ND, se requiere autorización de la editorial para todos los demás trabajos derivados, incluyendo compilaciones y traducciones.

Almacenamiento o uso. Excepto lo indicado anteriormente, o según lo establecido en la licencia de uso correspondiente, ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistemas de recuperación o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, grabación o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito del editor.

Derechos de autor. El autor o autores pueden tener derechos adicionales en sus artículos según lo establecido en su acuerdo con el editor (más información en <http://www.elsevier.com/authorrights>).

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

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

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

Disponible en internet: www.elsevier.es/RAMD

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

Papel ecológico libre de cloro.

Esta publicación se imprime en papel no ácido.

This publication is printed in acid-free paper.

Correo electrónico:
ramd.ccd@juntadeandalucia.es

Impreso en España

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



Dirección

Leocricia Jiménez López

Coordinación

Salvador Espinosa Soler

Asesoría de Documentación

Clemente Rodríguez Sorroche

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 10 Número 1

Marzo 2017

Sumario

Editorial

- 1 Revista Andaluza de Medicina del Deporte: Balance 2016
*J.D. Beas-Jiménez, C. López-López, M.E. da Silva Grigoletto,
C. Rodríguez Soroche y L. Jiménez López*

Originales

- 3 Efectos del ejercicio aeróbico interválico, combinado con entrenamiento de fuerza y de la restricción calórica, sobre la composición corporal de ratas obesas
I. Coll-Risco, D. Camiletti-Moirón, D.J. Tirado, E. Nebot, A. Andrade, R. Martínez, G. Kapravelou, J.M. Porres, P. Aranda y V.A. Aparicio
- 9 Aptitud física y habilidades cognitivas
R.S. Illesca Matus y J.E. Alfaro Urrutia
- 14 Comparison of conventional hamstring/quadriceps ratio between genders in level-matched soccer players
M. Pellicer-Chenoll, P. Serra-Añó, R. Cabeza-Ruiz, A. Pardo, R. Aranda y L.M. González
- 19 Physical activity and sleep of persons living with HIV/AIDS: A systematic review
I.K. dos Santos, K.P.M. de Azevedo, A.P.K.F. Silveira, J.C. Leitão, T. Bento, P.M. da S. Dantas, H.J. de Medeiros y M.I. Knackfuss
- 25 Caracterização e influência dos indicadores de obesidade central, aptidão cardiorrespiratória e nível de atividade física sobre a pressão arterial de escolares
J.L. Naves da Silva, F. Lopes e Silva Junior, A. Pimentel Ferreira e H.G. Simões

Revisión

- 31 La fatiga como estado motivacional subjetivo
D. Cárdenas, J. Conde-González y J.C. Perales

Caso clínico

- 42 Caso clínico: tratamiento quirúrgico de la neuropatía cubital por pseudoartrosis del gancho del hueso ganchoso
A. León Garrigosa

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 10 Number 1

March 2017

Contents

Editorial

- 1 Andalusian Journal of Sports Medicine. Stocktaking 2016
*J.D. Beas-Jiménez, C. López-López, M.E. da Silva Grigoletto,
C. Rodríguez Soroche and L. Jiménez López*

Original Articles

- 3 Effects of aerobic interval exercise combined with resistance training and caloric restriction, on body composition in obese rats
I. Coll-Risco, D. Camiletti-Moirón, D.J. Tirado, E. Nebot, A. Andrade, R. Martínez, G. Kapravelou, J.M. Porres, P. Aranda and V.A. Aparicio
- 9 Physical fitness and cognitive skills
R.S. Illesca Matus and J.E. Alfaro Urrutia
- 14 Comparison of conventional hamstring/quadriceps ratio between genders in level-matched soccer players
M. Pellicer-Chenoll, P. Serra-Añó, R. Cabeza-Ruiz, A. Pardo, R. Aranda and L.M. González
- 19 Physical activity and sleep of persons living with HIV/AIDS: A systematic review
I.K. dos Santos, K.P.M. de Azevedo, A.P.K.F. Silveira, J.C. Leitão, T. Bento, P.M. da S. Dantas, H.J. de Medeiros and M.I. Knackfuss
- 25 Characterization and influence of indicators of central obesity, fitness cardiorespiratory and level of physical activity on blood pressure of school
J.L. Naves da Silva, F. Lopes e Silva Junior, A. Pimentel Ferreira and H.G. Simões

Review Article

- 31 Fatigue as a subjective motivational state
D. Cárdenas, J. Conde-González and J.C. Perales

Clinical Case

- 42 Clinical case: surgical treatment for ulnar neuropathy due to pseudoarthrosis of the hook of the hamate
A. León Garrigosa



Editorial

Revista Andaluza de Medicina del Deporte: Balance 2016



Andalusian Journal of Sports Medicine. Stocktaking 2016

Una vez más, con el primer número de cada volumen, en la Revista Andaluza de Medicina del Deporte (RAMD), realizamos el balance de la evolución de la revista en el año anterior y planteamos a nuestros lectores, los diferentes objetivos para el año que acabamos de estrenar.

La RAMD se ha convertido en un referente, entre las fuentes bibliográficas en el área de conocimiento de la Medicina y Ciencias del Deporte nacional e internacionales especialmente en iberoamérica. De esta forma, a España (29,35%), en el porcentaje de visitas recibidas en nuestra Web, le siguen países iberoamericanos como México (19,49%), Colombia (11,76%), Chile (9,18%) o Brasil (9,01%).

El considerable aumento del número de manuscritos recibidos durante 2016 (de 85 en 2015 hemos pasado a 145), ha supuesto un notable aumento de la carga de trabajo, pero nos ha permitido un importante incremento del número de artículos publicados por la RAMD en el pasado ejercicio, especialmente en el apartado de avance online, alcanzando la cifra record de 88 artículos publicados, sin contar la publicación de resúmenes de comunicaciones presentadas en diversos eventos científicos relacionados con la medicina y ciencias del deporte. La confianza en la RAMD, que reflejan los autores al enviarnos sus manuscritos, es un aliciente para nosotros, afianzándonos en nuestra firme apuesta por publicar sus trabajos con la mayor calidad y en el plazo de tiempo más corto posible. Desde estas líneas queremos agradecer a todos los investigadores, que han remitido sus trabajos a nuestra publicación, su colaboración con este proyecto editorial, que con una década de trayectoria, es ya toda una realidad.

La repercusión de los artículos publicados en la RAMD, también ha mejorado notablemente. Por ejemplo, el número de citaciones en la base de datos SCOPUS ha aumentado de 53 citas en 2015 a 67 en 2016, el Índice H ha pasado de 5 en 2015 a 6 en 2016 (6 artículos de la RAMD han recibido al menos 6 citas) y los artículos publicados en la RAMD reciben un total de 0.54 citas por documento publicado en 2016, frente a las 0.46 citas por documento de 2015. El Indicador de calidad editorial *SCImago Journal Rank* (SJR), es uno de los pocos en los que ha reducido la valoración de la RAMD, pasando de 0.201 en 2014 a 0.152 en 2015, últimos años publicados por SCImago.

La reducción del tiempo invertido en cada uno de los procesos de edición, desde que se recibe un manuscrito, hasta que finalmente es publicado, es uno de nuestros principales caballos de batalla, conscientes de la importancia para la comunidad científica, de la

rápida difusión de los conocimientos generados mediante la investigación. Pese a que en 2015 habíamos reducido sustancialmente estos plazos, en 2016 hemos sido capaces de mantener esta tendencia, pese al notable incremento de manuscritos recibidos, de manera que en la actualidad todos los manuscritos aceptados están en proceso de revisión de galeras o ya publicados en la versión online.

El proceso de revisión anónima por pares, de los manuscritos recibidos en la RAMD, ha sido también optimizado, aunque hemos invitado a menos revisores (177 vs 265 del ejercicio anterior) estos han estado más comprometidos: 92 revisores han completado un total de 105 revisiones, con un tiempo medio de respuesta a la invitación de 2.4 días (antes 13.1) y un tiempo medio de 18.7 días para completar la revisión (antes 23.3). Estos datos ponen de relieve la importante labor realizada por los revisores de la RAMD en el pasado ejercicio y su compromiso en acortar los plazos de duración de los procesos editoriales. Además, la rigurosa labor altruista realizada por los revisores, se refleja en que el 52.9% de los manuscritos recibidos en la RAMD durante 2015, han sido rechazados, en la primera revisión de los mismos (tabla 1). Aprovechamos este espacio para agradecer a todos nuestros revisores su colaboración.

La inclusión de la RAMD en las principales bases de datos bibliográficas, es uno de nuestros objetivos permanentes (tabla 2). En junio de 2015, nuestra revista fue evaluada por el *Literature Selection Technical Review Committee* (LSTRC) para valorar su inclusión en

Tabla 1
Evolución decisión editorial primera revisión de manuscritos

Decisión	Año			
	2013	2014	2015	2016
Aceptados sin modificaciones (%)	1.3	3.9	3.6	8.7
Grandes Cambios (%)	27.3	36.9	30.4	9.6
Pequeños Cambios (%)	27.3	22.4	20.5	8.7
Rechazados (%)	44.1	36.8	20.5	52.9
Revisión Técnica Negativa (%)			25	20.2

Evolución de las decisiones editoriales adoptadas, en la primera revisión de los manuscritos recibidos en la RAMD.

* La decisión "Revisión Técnica Negativa" ha sido establecida en 2015, por lo cual no se reflejan datos de años anteriores.

Tabla 2
Bases de Datos e índices en los que se encuentra indexada la Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Nacionales	Internacionales
- COMPLUDOC	- CIRC
- DIALNET	- DICE
- IME – Revistas de Biomedicina	- DULCINEA
- IBECs	- e-Revist@s
- C17	- Google Académico
- REBIUN	- Index copernicus
- Red IDEA	- LATINDEX
- Red de Bibliotecas Públicas de Andalucía	- QUALIS-CAPEs
	- Redalyc
	- RESH
	- SciELO
	- ScienceDirect
	- SCI mago Journal & Country Rank
	- SCOPUS
	- SPORTDiscus
	- SPORTDocs
	- ULRICH'S Web
	- Web of Science (WOS)

MEDLINE, sobre una puntuación máxima de 5, la RAMD fue valorada en 2.75 puntos. Se ha realizado un importante esfuerzo para mejorar las deficiencias, que se reflejaban en el informe de evaluación del LSTRC y esperamos que en un futuro próximo nuestra revista sea incluida en MEDLINE.

Como objetivos prioritarios para el 2017, continuamos con nuestro propósito de acortar los plazos de publicación de los manuscritos recibidos en la RAMD, aumentar la diversidad de países de origen de los autores que nos remiten sus manuscritos y aumentar la difusión de nuestra revista incrementando el número de suscriptores y las consultas a nuestra Web.

J.D. Beas-Jiménez*, C. López-López, M.E. da Silva Grigoletto,
C. Rodríguez Soroche y L. Jiménez López
Comité Editorial de Revista Andaluza de Medicina del Deporte

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: juan.beas@juntadeandalucia.es
(J.D. Beas-Jiménez).

Original

Efectos del ejercicio aeróbico interválico, combinado con entrenamiento de fuerza y de la restricción calórica, sobre la composición corporal de ratas obesas



I. Coll-Risco, D. Camiletti-Moirón, D.J. Tirado, E. Nebot, A. Andrade, R. Martínez, G. Kapravelou, J.M. Porres, P. Aranda y V.A. Aparicio*

Departamento de Fisiología, Facultad de Farmacia y Facultad de Ciencias del Deporte e Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Granada, Granada, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 4 de diciembre de 2014

Aceptado el 6 de abril de 2015

On-line el 6 de septiembre de 2016

Palabras clave:

Masa grasa

Masa muscular

Entrenamiento aeróbico interválico

Adiposidad

R E S U M E N

Objetivo: Investigar los efectos de un programa de ejercicio aeróbico interválico, combinado con entrenamiento de fuerza, y de la restricción calórica, sobre el peso y la composición corporal de ratas genéticamente obesas.

Método: Un total de 32 ratas genéticamente obesas fueron divididas aleatoriamente en dos grupos (n = 16) con o sin ejercicio aeróbico interválico combinado con entrenamiento de fuerza. A su vez, cada grupo, con o sin ejercicio aeróbico interválico combinado con entrenamiento de fuerza, fue dividido en dos grupos, con o sin restricción calórica, resultando cuatro grupos de intervención (n = 8). El programa de ejercicio aeróbico interválico combinado con entrenamiento de fuerza se llevó a cabo en una misma sesión de 60 min, cinco días por semana, durante dos meses. Los grupos con restricción calórica consumieron un 30% menos de alimento que los *ad libitum*. Se determinó el peso corporal y la masa de la carcasa mediante una balanza de precisión y la masa grasa, muscular y el agua corporal, mediante un analizador de composición corporal, basado en resonancia magnética nuclear, de diseño especial para ratas.

Resultados: El peso corporal final fue menor en aquellos animales que realizaron restricción calórica frente a aquellos cuya alimentación fue *ad libitum* (p < 0.001). La masa grasa fue menor y la masa muscular mayor en aquellos animales que desarrollaron el ejercicio aeróbico interválico combinado con entrenamiento de fuerza, frente a los sedentarios (p < 0.001), sin diferencias atendiendo a la restricción calórica (p > 0.05). Hemos observado interacciones entrenamiento *versus* restricción calórica, en masa muscular y agua total. Los animales que incrementaron más su masa muscular y agua corporal, fueron los que combinaron el entrenamiento con la restricción calórica (ambos p < 0.01).

Conclusiones: Tanto el programa de ejercicio aeróbico interválico, combinado con entrenamiento de fuerza desarrollado, como la restricción calórica, fueron eficaces, mejorando la composición corporal de ratas obesas, pero el ejercicio lo hizo en mayor magnitud.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Effects of aerobic interval exercise combined with resistance training and caloric restriction, on body composition in obese rats

A B S T R A C T

Objective: To investigate the effects of a training program based on aerobic interval exercise combined with resistance training and caloric restriction, on final body weight and body composition of genetically obese rats.

Methods: Thirty-two genetically obese rats were randomly divided into two groups (n = 16) with or without aerobic interval exercise combined with resistance training. In turn, each group, with or without

Keywords:

Fat mass

Muscle mass

Interval training

Adiposity

* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: virginiaparcio@ugr.es (V.A. Aparicio).

aerobic interval exercise combined with resistance training, was divided into two groups, with or without caloric restriction, resulting 4 intervention groups ($n = 8$). The training groups conducted an aerobic interval exercise combined with resistance training program in a 60 min session, five days/week for two months. Calorie-restricted groups consumed 30% less food than ad libitum groups. Body weight and carcass was determined with a precision balance and fat, muscle mass and body water was assessed using a body composition analyzer based in nuclear magnetic resonance, especially designed for rats.

Results: Final body weight was lower in animals that followed the caloric restriction compared to those fed *ad libitum* ($P < .001$). Fat mass was lower and muscle mass higher in those animals that developed aerobic interval exercise combined with resistance training compared to the sedentary groups ($P < .001$) without differences attending to the caloric restriction (all $P > .05$). Interactions of caloric restriction *versus* training were observed on muscular mass and total body water. The highest value of muscle mass and body water was observed in those animals that combined the training protocol with the caloric restriction (both, $P < .01$).

Conclusion: Both, the aerobic interval exercise program combined with resistance training program developed and caloric restriction enhanced body composition in obese rats, but exercise improved it further.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Efeitos do exercício aeróbico intervalado combinado com o treinamento de Resistencia e restrição calórica, na composição de ratas obesas

R E S U M O

Palavras-chave:

Massa gorda
Massa muscular
Treinamento físico aeróbico
Adiposidade

Objetivo: Investigar os efeitos de um programa de treinamento baseado no exercício aeróbico intervalado combinado com treinamento de resistência e restrição calórica sobre o peso corporal final e composição corporal de ratas geneticamente obesas.

Método: Trinta e duas ratas obesas foram divididos aleatoriamente em dois grupos ($n = 16$) divididos com ou sem exercício aeróbico intervalado, que por sua vez foram divididos em mais dois grupos (com ou sem restrição calórica), resultando em quatro grupos de intervenção ($n = 8$). O programa de exercício aeróbico intervalado foi realizado em uma sessão de 60 min, cinco dias por semana, durante dois meses. A ingestão de alimentos do grupo restrição calórica foi 30% menor que os *ad libitum*. O peso corporal total e a massa gorda foi mensurada mediante uma balança de precisão e a massa muscular e água corporal foram medidas utilizando a análise de composição corporal baseado na ressonância magnética nuclear especialmente concebido para ratos.

Resultados: O peso corporal final foi menor nos animais que realizaram o restrição calórica frente aqueles cuja alimentação foi *ad libitum* ($p < 0.001$). A gordura corporal foi menor e a massa muscular maior naqueles animais que realizaram o exercício aeróbico intervalado frente aos sedentários ($p < 0.001$) sem diferenças em relação ao restrição calórica (todos $p > 0.05$). Interações do treinamento vs restrição calórica foram observadas na massa muscular e água corporal. O alto volume da massa muscular e água corporal foi observado nos animais que combinaram o protocolo restrição calórica (ambos $p < 0.01$).

Conclusão: Ambos os programas de exercício aeróbico intervalado desenvolvidos com restrição calórica foram eficazes, melhorando a composição corporal de ratas obesas, entretanto o exercício o fez em maior magnitude.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Numerosos estudios epidemiológicos ponen de manifiesto que el sobrepeso es uno de los principales problemas de salud en los países desarrollados¹. De hecho, el sobrepeso es hoy día considerado la pandemia del siglo XXI, ya que tiene una prevalencia superior a los 1800 millones de adultos a nivel mundial². Además, más de 300 millones de personas en el mundo padecen obesidad³. En España, el impacto que genera la obesidad representa un total del 5.5% en la tasa de mortalidad general⁴. El alto impacto que dicho estado genera sobre las enfermedades crónicas, su coste económico, su influencia sobre la calidad de vida y su imparable crecimiento, la convierten en un importante problema de salud pública⁵.

Uno de los métodos más empleados para luchar contra la obesidad es la restricción calórica (RC)⁶. La RC es un régimen dietético que se basa en la ingesta de una dieta baja en calorías pero manteniendo las proporciones saludables de macronutrientes (hidratos de carbono, grasas y proteínas). Los efectos de la RC sobre el retraso

del proceso de envejecimiento y el aumento de la longevidad han sido altamente contrastados en diferentes modelos de experimentación, desde pequeñas células eucariotas hasta en grandes mamíferos⁷. En humanos, a nivel metabólico, la RC ha mostrado no solo prevenir la obesidad, sino también mejorar la sensibilidad a la insulina, los niveles plasmáticos de glucosa en ayunas, el colesterol, la hipertensión y la inflamación crónica⁸.

La combinación de una intervención dietética, junto con la práctica de actividad física parece ser la herramienta más exitosa para combatir la obesidad⁹. La práctica de ejercicio físico modifica la composición corporal, provocando un aumento de la masa muscular, un descenso o normalización del peso, así como pérdida de masa grasa abdominal y visceral¹⁰. La intensidad parece ser el factor fundamental a la hora de programar una determinada práctica de actividad física, pudiendo ser el ejercicio aeróbico interválico a un 65-70% del consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) el más eficiente para la pérdida de peso¹¹. Por otra parte, el entrenamiento de fuerza también promueve importantes efectos metabólicos¹².

Por tanto, el Colegio Americano de Medicina del Deporte recomienda que el entrenamiento con cargas debe estar presente, junto con el entrenamiento aeróbico, si se buscaban pérdidas de peso, debido al efecto beneficioso de ambas cualidades¹². Además, se ha observado que el ejercicio aeróbico interválico, que combina periodos a intensidades moderadas, con otros de intensidad vigorosa, podría favorecer mayores beneficios en parámetros de síndrome metabólico¹³.

Para el desarrollo del presente estudio se han empleado ratas genéticamente obesas (raza Zucker), las cuales están predispuestas a la hiperfagia debido a que presentan una mutación en el receptor de la leptina¹⁴. Como consecuencia de dicha mutación, estos animales presentan obesidad, resistencia a la insulina, hipertrigliceridemia e hipertensión arterial¹⁴. Por tanto, el objetivo de este estudio fue valorar los efectos de un programa de entrenamiento aeróbico interválico combinado con entrenamiento de fuerza (AIF) y de la RC sobre la composición corporal de ratas genéticamente obesas para determinar cuál de las dos intervenciones es más eficaz y si existe una interacción positiva entre ambas, o por el contrario no es estrictamente necesario aunarlas.

Método

Muestra

Un total de 32 ratas macho, de la variedad Zucker, genéticamente obesas (Fa/fa), fueron empleadas para este experimento. Los animales fueron divididos aleatoriamente en dos grupos (16 animales por grupo). Un grupo, sedentario, compuesto a su vez por dos subgrupos: grupo con RC (ocho animales) y grupo con ingesta *ad libitum* (ocho animales). El segundo grupo llevó a cabo un protocolo de AIF y también estuvo formado por 16 animales, divididos en dos grupos de ocho ratas (con RC o ingesta *ad libitum*).

Los animales, con un peso inicial medio de 162 ± 8 g, fueron alojados en jaulas grupales de cuatro animales. Todas las jaulas se encontraban en una habitación donde la temperatura era constante (21 ± 2 °C), con una humedad relativa que oscilaba entre el 40 y el 60% y ciclos de luz-oscuridad de 12 h de tipo inverso (08:00-20:00 h). A lo largo del periodo experimental (ocho semanas), todos los animales tuvieron libre acceso al agua destilada tipo 2 (agua con una resistividad de al menos 15Ω).

El peso corporal de los animales se registró semanalmente a la misma hora tras 7 h de ayuno (para evitar que periodos de ayuno superiores indujeran estrés al animal y garantizar que no hubiera descompensaciones y alteraciones fisiológicas derivado del mismo)¹⁵. La cantidad de alimento ingerido por cada animal se cuantificó diariamente.

Una vez finalizado el periodo experimental, se registró el peso de la carcasa, que es el peso del animal una vez desollado, desangrado, eviscerado, sin cabeza, cola y patas. Esta variable aporta información adicional acerca del tamaño (masa ósea y muscular) y tejido activo del animal (masa muscular, principalmente). Todos los experimentos que se realizaron se llevaron a cabo de acuerdo a las guías de dirección relacionadas con el alojamiento de animales y su cuidado¹⁵. Además, todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité Ético de Experimentación Animal de la Universidad de Granada.

Procedimiento

La dieta empleada durante las ocho semanas fue formulada y realizada en forma de polvo en el laboratorio. Para cumplir con los requerimientos nutricionales de la rata, todas las dietas fueron formuladas siguiendo las recomendaciones del Instituto Americano de Nutrición (AIN-93M)¹⁶ y cumplieron con los requerimientos para

satisfacer las necesidades de ratas de experimentación¹⁷. Con el fin de reproducir, de la forma más real posible, los hábitos nutricionales de deportistas y aficionados, se ha empleado un hidrolizado deportivo comercial de lactosuero como fuente proteica (Dymatize ISO-100, Farmers Branch, TX, EE. UU.). El contenido de proteína empleado para las dietas (normocalóricas) fue del 10%, de acuerdo con el Instituto Americano de Nutrición¹⁷. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, se seleccionó un 30% de proteína de origen animal (lactosuero) y un 70% de proteína de origen vegetal (soja). Debido a la alta calidad de la proteína (alto valor biológico) de los suplementos deportivos proteicos empleados, no hemos considerado necesaria la complementación de la dieta con otros aminoácidos, sin embargo, hemos añadido 0.5 g/100 g de dieta de metionina¹⁶.

El grupo con RC ingirió un 30% menos alimento que el grupo *ad libitum* de las mismas características (con o sin entrenamiento). Los animales tenían acceso libre a los comederos grupales durante todo el periodo experimental. Dado que la rata es un animal social, recientemente se han puesto de manifiesto las alteraciones fisiológicas relacionadas con el estrés que se derivan del alojamiento individual de dichos animales¹⁵. Con la intención de evitar y controlar dicho estrés y sus efectos a todos los niveles fisiológicos (incluida, lógicamente, la composición corporal), nuestro grupo viene desarrollando los experimentos en jaulas grupales. En experimentos previos con RC hemos confirmado que la rata no actúa de forma jerárquica y que los animales se reparten de forma uniforme el alimento que haya disponible. Para contrastar que así sucedía, pesamos todos los días a los animales, confirmando que las ganancias de peso corporal son similares para todos los animales de la jaula. Es decir, que no había animales de un mismo grupo/jaula que perdieran o ganaran más peso en comparación con los demás.

Los grupos experimentales fueron entrenados cinco días por semana siguiendo un protocolo de entrenamiento AIF en la misma sesión. El protocolo de entrenamiento fue diseñado y supervisado por licenciados en Ciencias del Deporte, en colaboración con especialistas en el trabajo con los animales. Dicho protocolo de entrenamiento se desarrolló en un tapiz rodante de diseño especial para ratas (Panlab. Harvard apparatus. Treadmills para cinco ratas, LE8710R, software SeDaCom V2. Panlab. Harvard apparatus). Todas las sesiones se llevaron a cabo durante el ciclo de oscuridad de los animales (periodo activo). Los detalles del protocolo de entrenamiento se muestran en la [tabla 1](#). Una semana antes del periodo experimental, los animales se adaptaron al protocolo de entrenamiento y al tapiz rodante mediante un programa de ejercicio a volumen e intensidad muy bajos (20 min a 25 cm/s). El presente protocolo de entrenamiento ha sido diseñado y adaptado a partir de los estudios de Haram et al.¹³ y Kemi et al.¹⁸.

Todas las sesiones consistieron en 60 min de trabajo efectivo. Las sesiones comenzaron con 10 min de calentamiento al 40% del VO_2 máx. Tras el calentamiento se llevó a cabo el entrenamiento de fuerza resistencia, que consistió en ocho series de 2 min de trabajo alternadas con 1 min de descanso en los que el animal se desplazaba sobre el tapiz a baja velocidad (20-25 cm/s, equivalente a ~ 30 -40% VO_2 máx) con una inclinación de la pendiente, que se incrementó progresivamente cada dos semanas, a partir de diez hasta 25 grados. El entrenamiento de fuerza fue seguido de 30 min de ejercicio aeróbico interválico, alternando 4 min de trabajo entre el 50-65% del VO_2 máx combinado con 3 min al 65-80% del VO_2 máx.

Para establecer la velocidad para cada porcentaje del VO_2 máx, se realizó un test incremental máximo al comienzo del periodo experimental y otro al inicio de cada mes, para ajustar la intensidad del protocolo interválico en un tapiz rodante de una sola calle (Panlab. Harvard apparatus. Treadmill para 1 rata, LE8700). Este protocolo, implementado a través de software (Metabolism. Panlab. Harvard apparatus) y un analizador de gases (LE405 O₂/CO₂ Analyser y LE4002FL Air Supply and Switching Unit. Panlab.

Tabla 1
Detalles del programa de ejercicio aeróbico interválico combinado con entrenamiento de fuerza

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Calentamiento (10 min)	35%VO ₂ máx	35%VO ₂ máx	40%VO ₂ máx	40%VO ₂ máx	45%VO ₂ máx	45%VO ₂ máx	50%VO ₂ máx	50%VO ₂ máx
Entrenamiento de fuerza (8 series de 2 min de trabajo con 1 min de recuperación)	10%	10%	15%	15%	20%	20%	25%	25%
Entrenamiento aeróbico interválico (ciclos de intervalos de 3 min y 4 min a distinta intensidad hasta completar 30 min)	20 cm/s 4 min 50% VO ₂ máx-3 min 65%VO ₂ máx	25 cm/s 4 min 50% VO ₂ máx-3 min 65%VO ₂ máx	20 cm/s 4 min 55% VO ₂ máx-3 min 70%VO ₂ máx	25 cm/s 4 min 55% VO ₂ máx-3 min 70%VO ₂ máx	20 cm/s 4 min 60% VO ₂ máx-3 min 75%VO ₂ máx	25 cm/s 4 min 60% VO ₂ máx-3 min 75%VO ₂ máx	20 cm/s 4 min 65% VO ₂ máx-3 min 80%VO ₂ máx	25 cm/s 4 min 65% VO ₂ máx-3 min 80%VO ₂ máx

VO₂ máx: consumo máximo de oxígeno.

^a Muy baja velocidad.

Harvard apparatus), ofrece una valoración adecuada del consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono.

Para determinar la composición corporal de los animales se empleó un analizador de composición corporal diseñado específicamente para ratas (Echo MRI; Echo Medical Systems, Houston, TX, EE: UU.). La valoración fue llevada a cabo con los animales tras 7 h de ayuno un día antes del final del periodo experimental. Este analizador permite medir, mediante resonancia magnética nuclear y sin necesidad de sedar al animal, el tejido graso (g), el tejido magro (g) y el agua corporal (ml) en animales vivos. Además, dicho analizador ha mostrado una alta precisión, validez y fiabilidad¹⁹.

Análisis estadístico

Los resultados se presentan como media y desviación típica. Para interpretar los efectos del protocolo de ejercicio, así como de la RC, se empleó el paquete estadístico para Ciencias Sociales (SPSS, versión 19.0 para Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.) y el nivel de significación estadística se estableció en $p < 0.05$. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías, siendo las dos variables independientes el protocolo de entrenamiento y la RC, y las dependientes los parámetros de composición corporal. Además, se introdujo el análisis de las interacciones RC *versus* entrenamiento en el modelo.

Resultados

Los efectos del entrenamiento AIF y de la RC sobre el peso y la composición corporal se muestran en la [tabla 2](#). El peso final y de la carcasa fue un 20% menor en aquellos animales que realizaron RC comparado con aquellos cuya alimentación fue *ad libitum* ($p < 0.001$). La masa grasa fue un 17% menor en aquellos animales que desarrollaron el protocolo de entrenamiento AIF comparado con los sedentarios ($p < 0.001$), sin diferencias atendiendo a la RC. La masa muscular fue un 13% mayor en aquellos animales que realizaron el entrenamiento comparado con los sedentarios ($p < 0.001$).

Hemos analizado las interacciones entrenamiento AIF *versus* RC: El grupo con mayor masa muscular fue el que realizó el protocolo de entrenamiento AIF y la RC, mientras que el grupo que consiguió una menor masa muscular fue el sedentario con RC ($p = 0.008$). Aquellos animales con mayor cantidad de agua total fueron los que realizaron el programa de entrenamiento AIF sometidos a RC, mientras que los que presentaron una menor cantidad de agua corporal fueron los de RC sedentarios ($p = 0.008$).

Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que las ratas sometidas a RC presentaron un peso final y de la carcasa menor que las que consumieron una dieta *ad libitum*, pero a expensas de una menor masa muscular. Sin embargo, aquellos animales que desarrollaron un protocolo de entrenamiento AIF mostraron menor masa grasa y mayor masa muscular. Por lo tanto, debido a la importancia fisiológica y metabólica que conlleva perder peso, no a costa de una disminución de la masa muscular, sino a expensas de la pérdida de grasa, podemos afirmar que los mayores beneficios para la salud se produjeron en los animales que siguieron el entrenamiento AIF.

Tras una profunda revisión de la literatura científica no hemos encontrado estudios en los que se comparen los efectos de ambas intervenciones (RC y entrenamiento) en ratas obesas. Sin embargo, algunos estudios han mostrado resultados muy similares en cuanto a los efectos aislados de protocolos de ejercicio físico, sobre la composición corporal de ratas. Cabría destacar el estudio de Haram et al.¹³ en el cual se analizaron los efectos de un programa de ocho

Tabla 2
Efectos del entrenamiento y de la restricción calórica sobre el peso y la composición corporal en ratas genéticamente obesas

	Ejercicio		Sedentario		p Restricción calórica	p Ejercicio	p Interacción restricción calórica-ejercicio
	Restricción calórica	<i>Ad libitum</i>	Restricción calórica	<i>Ad libitum</i>			
Ingesta media (g/día)	19.20 (0.02)	27.4 (3.7)	17.70 (0.05)	25.4 (3.3)	<0.001	<0.001	<0.001
Peso final (g)	377.7 (33.8)	438.3 (28.3)	375.4 (13.5)	462.1 (32.2)	<0.001	0.329	0.052
Peso carcasa (g)	180.0 (15.3)	203.9 (13.1)	155.0 (9.2)	199.9 (11.7)	<0.001	0.022	0.094
Masa grasa (g)	173.4 (19.6)	184.7 (21.5)	199.5 (12.2)	218.5 (13.3)	0.019	<0.001	0.537
Masa muscular (g)	216.5 (17.0)	204.2 (14.8)	174.5 (8.0)	190.0 (13.8)	0.747	<0.001	0.008
Agua corporal (ml)	188.5 (14.9)	174.7 (9.1)	155.4 (6.8)	164.4 (12.3)	0.554	<0.001	0.008

Valores mostrados como media (desviación típica).

semanas de entrenamiento en 24 ratas con síndrome metabólico. Los autores dividieron la muestra en dos grupos de entrenamiento y un grupo control sin entrenamiento, un grupo practicó ejercicio continuo y otro entrenamiento aeróbico interválico. Ambos grupos de entrenamiento consiguieron reducir su peso final con respecto al sedentario. Los dos programas de entrenamiento de ejercicio, sin embargo, fueron igualmente efectivos en la reducción del peso corporal y el contenido de grasa. Bajo nuestras condiciones experimentales, no podemos confirmar pérdida de peso corporal, lo que puede ser debido a que nuestro protocolo de entrenamiento incluía el desarrollo de la fuerza muscular y por tanto ganancias de masa muscular, la cual tiene mayor peso que la masa grasa. De hecho, con nuestras condiciones experimentales, los grupos de entrenamiento mostraron un 13% mayor masa muscular a expensas de un 17% menos de grasa. Por otra parte, los grupos de RC, con respecto a los *ad libitum*, no mostraron cambios ni en la masa grasa ni muscular, pero sí un 20% menor peso final.

Los efectos de la dieta y del ejercicio, así como la comparativa de los efectos de ambas intervenciones sobre la composición corporal, han sido analizados en estudios desarrollados en humanos. Recientes estudios resaltan la importancia de intervalos de ejercicio, con cierto grado de intensidad, para obtener mayores beneficios sobre parámetros de síndrome metabólico (incluida adiposidad). En el estudio de Benson et al.²⁰ desarrollado en niños de entre 10 y 15 años, un protocolo de entrenamiento anaeróbico interválico redujo la grasa corporal con mayor efectividad que una intervención dietética. Macpherson et al.²¹ realizaron un estudio comparando a 20 sujetos jóvenes divididos en dos grupos, uno realizaba un protocolo de entrenamiento aeróbico interválico y el otro un programa de ejercicio basado en entrenamiento aeróbico continuo. Ambos grupos disminuyeron sus niveles de grasa, siendo en el grupo aeróbico interválico el descenso de un 12.4% respecto al 5.5% del grupo de resistencia aeróbica continua. Según el estudio de Park et al.²² realizado en mujeres obesas, aquellas que realizaron un protocolo de entrenamiento combinando el desarrollo de la resistencia aeróbica con la fuerza muscular disminuyeron significativamente más su porcentaje graso frente a aquellas que lo realizaron de manera aislada (fuerza o resistencia aeróbica).

En lo referente a la restricción de la ingesta, Kraemer et al.²³ observaron que aquellos hombres con sobrepeso que siguieron una dieta baja en calorías y en grasas perdieron aproximadamente 9.5 kg en 12 semanas de intervención. Otro grupo del citado estudio además siguió un programa de entrenamiento aeróbico y un tercer grupo un programa de entrenamiento de fuerza. Los resultados fueron, una vez más, bastante reveladores, el grupo de intervención únicamente nutricional perdió un 69% del total en grasa, el segundo un 78%, mientras que el tercer grupo que siguió la dieta y realizó un entrenamiento de fuerza perdió casi la totalidad del peso en grasa corporal (97%). Además, este grupo solo perdió un 3% de masa magra en comparación con el 22% del segundo grupo y el 31% del primero. Sartor et al.²⁴ demostraron mejoras significativas en la composición corporal, con un protocolo de entrenamiento

aeróbico interválico en cicloergómetro de diez series de 4 min al 90% del VO₂máx junto con una dieta restringida en hidratos de carbono. Se observó una mejora en ambos grupos, concretamente la pérdida de un 2.6% de masa grasa en los sujetos que se sometieron al protocolo de entrenamiento y del 2.4% en los que solamente se sometieron a la RC. Sin embargo, lo más destacable, por su similitud con nuestros hallazgos, es el efecto que se observó en la masa libre de grasa, ya que aquellos sujetos que se sometieron al protocolo de entrenamiento y a la RC aumentaron un 2.1% el tejido muscular, mientras que el grupo que realizó solo la RC lo redujo en un 2.1%, lo cual podría predisponer a un descenso del gasto metabólico basal y con ello un marcado efecto rebote tras abandonar dicha RC. Finalmente, otro estudio realizado por Foster-Schubert et al.²⁵ durante doce meses en 400 mujeres posmenopáusicas, mostró valores de pérdida de masa grasa similares a los nuestros. El grupo que mayor pérdida de grasa obtuvo fue el que combinó la RC y el protocolo de ejercicio (un 12.4% de reducción). El grupo que realizó aisladamente RC perdió un 8.9% mientras que el grupo que realizó aisladamente el protocolo de ejercicio un 3.3%.

Cabría señalar que los presentes resultados obtenidos en ratas deben ser tomados con cautela y confirmados en humanos. Además, el grado de entrenabilidad de cada animal varía y ello puede conducir a distintos niveles de mejora. De hecho, las ratas obesas se muestran más reticentes al entreno que las delgadas. Sin embargo, este trabajo puede arrojar luz sobre el protocolo de entrenamiento más eficaz a la hora de producir mejoras sobre la composición corporal, en personas obesas, o con aquellas en las que dietas estrictas hayan fracasado.

El protocolo de AIF mejoró la composición corporal (menor cantidad de masa grasa sin pérdidas de masa muscular), en animales obesos. La pérdida de masa grasa fue mayor en aquellos animales que realizaron el protocolo de entrenamiento, frente a aquellos a los que únicamente se les restringió la ingesta. El programa de ejercicio físico testado en el presente trabajo podría plantearse y testarse como una buena opción en humanos, al favorecer mejores resultados globales sobre la composición corporal y no dar lugar al desalentador «efecto rebote» de las dietas basadas en la restricción de la ingesta.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiación

Este estudio ha sido financiado por el proyecto DEP2011-27622 (subprograma DEPO) del Plan Nacional I+D+i 2011-2014, Ministerio de Ciencia e Innovación y forma parte de la tesis de Irene Coll-Risco, becaria FPU del Ministerio de Economía y Competitividad.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Caballero B. The global epidemic of obesity: An overview. *Epidemiol Rev.* 2007;29:1-5.
2. Bombak A. Obesity, health at every size, and public health policy. *Am J Public Health.* 2014;104(2):e60-7.
3. Campos P. Does fat kill? A critique of the epidemiological evidence. En: Rich E, Monaghan LF, Aphramor L, editores. *Debating obesity critical perspectives.* Londres: Palgrave Macmillan; 2011. p. 36-59.
4. Banegas JR, López-García E, Gutiérrez-Fisac JL, Guallar-Castillón P, Rodríguez-Artalejo F. A simple estimate of mortality attributable to excess weight in the European Union. *Eur J Clin Nutr.* 2003;57(2):201-8.
5. Dee A, Kearns K, O'Neill C, Sharp L, Staines A, O'Dwyer V, et al. The direct and indirect costs of both overweight and obesity: A systematic review. *BMC Res Notes.* 2014;7:242.
6. Vílchez López FJ, Campos Martín C, Amaya García MJ, Sánchez Vera P, Pereira Cunill JL. Very low calorie diets in clinical management of morbid obesity. *Nutr Hosp.* 2013;28(2):275-85.
7. Taormina G, Mirisola MG. Calorie restriction in mammals and simple model organisms. *Biomed Res Int.* 2014;2014:308690.
8. Soare A, Weiss EP, Pozzilli P. Benefits of caloric restriction for cardiometabolic health, including type 2 diabetes mellitus risk. *Diabetes Metab Res Rev.* 2014;30 Suppl 1:41-7.
9. Ross R, Dagnone D, Jones PJ, Smith H, Paddags A, Hudson R, et al. Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med.* 2000;133(2):92-103.
10. Bann D, Kuh D, Wills AK, Adams J, Brage S, Cooper R, et al. Physical activity across adulthood in relation to fat and lean body mass in early old age: Findings from the Medical Research Council National Survey of Health and Development, 1946-2010. *Am J Epidemiol.* 2014;179(10):1197-207.
11. Messonnier L, Denis C, Prieur F, Lacour JR. Are the effects of training on fat metabolism involved in the improvement of performance during high-intensity exercise? *Eur J Appl Physiol.* 2005;94(4):434-41.
12. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(2):459-71.
13. Haram PM, Kemi OJ, Lee SJ, Bendheim MØ, Al-Share QY, Waldum HL, et al. Aerobic interval training vs. continuous moderate exercise in the metabolic syndrome of rats artificially selected for low aerobic capacity. *Cardiovasc Res.* 2009;81(4):723-32.
14. Zucker LM, Antoniades HN. Insulin and obesity in the Zucker genetically obese rat "fatty". *Endocrinology.* 1972;90(5):1320-30.
15. European Union Council. Directional on the protection of animals used for specific purposes. Official J Eur Union. 2010;276:33-79.
16. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC Jr. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: Final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr.* 1993;123(11):1939-51.
17. National Research Council. *Nutrient requirements of laboratory animals.* 4th revised ed. Washington: The National Academies Press; 1995.
18. Kemi OJ, Haram PM, Loennechen JP, Osnes JB, Skomedal T, Wisløff U, et al. Moderate vs. high exercise intensity: Differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. *Cardiovasc Res.* 2005;67(1):161-72.
19. Jones AS, Johnson MS, Nagy TR. Validation of quantitative magnetic resonance for the determination of body composition of mice. *Int J Body Compos Res.* 2009;7(2):67-72.
20. Benson AC, Torode ME, Fiatarone Singh MA. The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: A randomized controlled trial. *Int J Obes (Lond).* 2008;32(6):1016-27.
21. Macpherson RE, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon PW. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(1):115-22.
22. Park SK, Park JH, Kwon YC, Kim HS, Yoon MS, Park HT. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on abdominal fat in obese middle-aged women. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2003;22(3):129-35.
23. Kraemer WJ, Volek JS, Clark KL, Gordon SE, Puhl SM, Koziris LP, et al. Influence of exercise training on physiological and performance changes with weight loss in men. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(9):1320-9.
24. Sartor F, de Morree HM, Matschke V, Marcora SM, Milousis A, Thom JM, et al. High-intensity exercise and carbohydrate-reduced energy-restricted diet in obese individuals. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(5):893-903.
25. Foster-Schubert KE, Alfano CM, Duggan CR, Xiao L, Campbell KL, Kong A, et al. Effect of diet and exercise, alone or combined, on weight and body composition in overweight-to-obese postmenopausal women. *Obesity (Silver Spring).* 2012;20(8):1628-38.



Original

Aptitud física y habilidades cognitivas[☆]



R.S. Illesca Matus^{a,*} y J.E. Alfaro Urrutia^b

^a Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile

^b Facultad de Educación, Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 31 de julio de 2015

Aceptado el 21 de abril de 2016

On-line el 12 de septiembre de 2016

Palabras clave:

Aptitud física
Habilidades cognitivas
Niños

Keywords:

Physical fitness
Cognitive skills
Children

Palavras-chave:

Aptidão física
Habilidades cognitivas
Crianças

R E S U M E N

Objetivo: Evaluar la correlación entre la aptitud física y las habilidades cognitivas en niños y niñas del nivel transición II de la comuna de Temuco, Chile.

Método: Se utilizó el Test de Marcha de seis minutos para determinar la aptitud física y el ítem habilidades cognitivas de la Batería Evalúa-0.

Resultados: Se encontró correlación positiva en niños y niñas con aptitud física apta y las variables clasificación, series y letras y números del ítem habilidades cognitivas. En la variable organización perceptiva no se encontró correlación estadísticamente significativa.

Conclusión: La aptitud física influye en el desarrollo de habilidades cognitivas que favorecen aprendizajes curriculares en el ámbito escolar como la lectura y la matemática.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Physical fitness and cognitive skills

A B S T R A C T

Objective: To assess the correlation between physical fitness and cognitive skills in children's transition II level of the commune of Temuco, Chile.

Method: The six minute Walk Test was used to determine the physical fitness and for the cognitive skills item from the Battery Evalúa-0.

Results: A positive correlation was found in children with suitable physical fitness and classification variables, series and letters and numbers from the cognitive skill item. In the perceptual organization variable, no statistically significant correlation was found.

Conclusion: Physical fitness influences the development of cognitive skills that promote curricular learning in schools as reading and mathematics.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Aptidão física e habilidades cognitivas

R E S U M O

Objetivo: Avaliar a correlação entre a aptidão física e habilidades cognitivas em crianças no nível de transição II em Temuco, Chile

Método: Foi utilizado o Teste de Caminhada de seis minutos para determinar a aptidão física e da as habilidades cognitivas na Batería Evalúa-0.

[☆] Este estudio surge a partir de la tesis de Magíster «Aptitud Física, su asociación con el rendimiento escolar y la influencia del estado nutricional en niños(as) del nivel transición II de la comuna de Temuco» de la Universidad de la Frontera.

* Autor para correspondencia. Caciue Bartolo Levimil 02047, Villa Caupolicán, Temuco, Chile.

Correos electrónicos: ricardo.illesca01@gmail.com, ricardo.illesca@postgrado.uv.cl (R.S. Illesca Matus).

Resultados: Foi encontrado uma correlação positiva em crianças (as) com boa aptidão física e a classificação variáveis série, letras e números de série nos itens de habilidades cognitivas. Na variável organização perceptiva, não se encontrou correlação estatisticamente significativa.

Conclusão: A aptidão física influencia no desenvolvimento de habilidades cognitivas que favorecem a aprendizagem curricular nas escolas como a leitura e matemática.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La relación que existe entre aptitud física y habilidades cognitivas supone no solo elementos de rendimiento, sino también neurobiológicos¹. De la misma forma que el ejercicio ha demostrado mejorar las condiciones generales de salud², la literatura también evidencia la asociación de la práctica del ejercicio físico con mejoras en el rendimiento cognitivo³, demostrándose la existencia de procesos neurobiológicos implicados en la interacción de ambas variables⁴. En este sentido, la importancia de conocer el rol del ejercicio en la mejora de las funciones cognitivas se encuentra estudiada desde hace más de dos décadas⁵. Los mecanismos de señalización celular, por los cuales el ejercicio impacta en la función cognitiva, se han investigado a través del estudio imagenológico y molecular, centrando su atención en la liberación de determinadas sustancias como respuesta al ejercicio. Estas sustancias tienen como función modular algunos procesos cognitivos involucrados en la actividad cognitiva a través de la regulación de las vías vasculares, metabólicas, inflamatorias, el estrés, la mejora del funcionamiento del metabolismo neuronal y mitocondrial, la disminución del estrés oxidativo en el hipocampo y el aumento en los niveles de la maquinaria mitocondrial⁶⁻¹³. Las conclusiones de estos estudios demuestran que los mecanismos celulares de la actividad física tienen efecto en distintas funciones que regulan, contribuyen o influyen en los procesos cognitivos.

Estudios similares demuestran que el ejercicio físico aumenta la secreción del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, del inglés *brain-derived neurotrophic factor*)¹⁴. Este factor de crecimiento, al igual que el *insulin-like growth factor-1* (IGF-1), al ser estimulado, mejora la supervivencia de las neuronas, la neurogénesis favorece la transmisión sináptica y la sinaptogénesis¹⁵. De la misma forma, se ha demostrado que el ejercicio induce la proliferación del factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF, del inglés *vascular endothelial growth factor*), involucrado en el mecanismo de la angiogénesis⁸. Finalmente, el ejercicio induce la secreción de hormonas como estrógenos en las mujeres y testosterona en los hombres, ambos, elementos constituyentes de los procesos de mejora de las funciones cognitivas^{16,17}. Con el avance de los años, los estudios van precisando los elementos que ejercen su acción en la actividad cognitiva y en los cuales la actividad física constituye un elemento fundamental.

De esta forma, se puede afirmar que existen mecanismos de señalización que indican una asociación entre el metabolismo energético neuronal y la plasticidad sináptica, indicando que las señales metabólicas son importantes moduladoras de la función cognitiva^{9,18}. Se evidencia así que el ejercicio es un activador metabólico importante, de manera que estos procesos pueden ser un modo en el que el ejercicio afecte al sistema nervioso central y a la función cognitiva. Esta relación se ha estudiado mediante el análisis de la función de BDNF¹⁹ en varias moléculas de gestión de la energía en el hipocampo, como la proteína quinasa activada por adenosín monofosfato (AMPK), la proteína ubicuo creatina quinasa mitocondrial (uMtCK), y la proteína de desacoplamiento

mitocondrial 2 (UCP-2), así como la hormona grelina e IGF-1. La proteína AMPK se ha identificado como un indicador de combustible que detecta niveles bajos de energía²⁰, la proteína uMtCK participa en el mantenimiento de la energía y la transducción²¹, mientras que la proteína UCP-2 permite la fuga de protones a través de las membranas mitocondriales y el transporte electrónico mitocondrial en el desacoplamiento de la síntesis de adenosín trifosfato (ATP)^{22,23}. La hormona grelina es secretada por el estómago vacío para promover el hambre, demostrándose que su acción en el hipocampo aumenta la retención de la memoria²⁴. Las funciones de IGF-1 son similares al BDNF en el sistema nervioso, actuando de manera similar en la plasticidad sináptica²⁵, la síntesis y liberación de neurotransmisores y el comportamiento cognitivo²⁶. Se demuestra de esta forma que el aumento de los niveles de AMPK, uMtCK, grelina, y el IGF-1 ARNm se relaciona con un mejor rendimiento en el aprendizaje. En este sentido, el ejercicio ha demostrado aumentar significativamente los niveles de ARNm de todas las proteínas metabólicas, incluyendo la grelina y el IGF-1. Los cinco factores se correlacionaron positivamente con los niveles de ARNm de BDNF, lo que sugiere una posible relación entre BDNF y el metabolismo neuronal, esto es, una relación entre la actividad física, el funcionamiento cerebral y por tanto las funciones cognitivas.

Con esta evidencia es factible suponer que la relación con la actividad física tiene un impacto favorable en la actividad cognitiva observable. Así lo han demostrado diversos estudios que establecen que el ejercicio ha evidenciado mejoras en la velocidad de procesamiento²⁷, la resolución de problemas²⁸, los procesos de la atención²⁹ y el proceso de potenciación largo tiempo (LTP). Si bien se atribuyen efectos positivos sobre la plasticidad sináptica general, hay otros componentes de la función cognitiva que pueden ser descritos por estos aspectos^{30,31}. No obstante, los mecanismos de señalización por los cuales el ejercicio impacta en las funciones y habilidades cognitivas han sido preferentemente ratificados en estudios asociativos en población escolar, universitaria y adulta. Un ejemplo que ilustra esta relación es la presentada en un estudio realizado por Sanz³² quien, en entrevistas a profesores de educación física, concluye que el 90% del profesorado de esta área considera que la actividad física influye en el rendimiento. En la misma línea, Pardo-Guijarro et al.³³, en un estudio empírico con estudiantes de educación básica, determinan que los niños con bajas competencias motoras tienen más probabilidades de lograr un rendimiento académico bajo.

La sólida evidencia presentada respecto del efecto que el ejercicio ejerce sobre la proliferación de neurotrofinas, factores de crecimiento, hormonas y metabolismo energético neuronal pone de manifiesto la necesidad de evaluar la asociación entre la aptitud física y las habilidades cognitivas. Si se considera además que el periodo de mayor modificación cerebral se produce antes de los seis años de edad, la educación inicial se identifica como una etapa fundamental para realizar estudios tendentes a identificar el impacto de la actividad física en las habilidades cognitivas observables (atención, percepción, memoria, lenguaje, pensamiento) de niños y niñas en este rango etario.

Método

Muestra

El estudio se diseñó bajo un paradigma cuantitativo utilizándose un diseño de tipo correlacional y transversal. Se correlacionan dos variables en un tiempo único, correspondientes a aptitud física y capacidades cognitivas, en una muestra de 68 estudiantes de educación parvularia, 36 niñas y 32 niños con un promedio de edad de cinco años y tres meses, de un establecimiento municipal de la ciudad de Temuco, al sur de Chile. Se excluyeron de la muestra estudiantes con trastornos del desarrollo que pudieran influir en alguna de las variables.

Diseño experimental

La aptitud física fue evaluada a través del Test de Marcha de seis minutos utilizando las normas de la *American Thoracic Society* (ATS)³⁴, diferenciándose los estudiantes según alta o baja aptitud física de acuerdo con las referencias de Lammers et al.³⁵ En los niños de cuatro años se utilizó el punto de corte de 383 m recorridos ($s = 41$ m) y en los niños de cinco años se utilizó el punto de corte de 420 m recorridos ($s = 39$ m). Los niños con alta aptitud física resultan en aquellos que se encuentran en o por encima del punto de corte de metros recorridos y los niños con baja aptitud física son aquellos que se por debajo del punto de corte de metros recorridos.

De acuerdo con la reglamentación oficial de la ATS³⁴, la aplicación se realizó considerando indicaciones, limitaciones, contraindicaciones, seguridad, aspectos técnicos, equipo requerido, preparación del estudiante y dimensiones del lugar de la toma del test. En este sentido se determinaron diversas variables que deben ser medidas en la realización de esta prueba, tales como: distancia recorrida en el tiempo de aplicación del test, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, presión arterial y sensación subjetiva de fatiga. No se presentaron razones para detener inmediatamente el test, como calambres, disnea intolerable, dolor del pecho, mareos, diaforesis o palidez, en ninguno de los estudiantes. El test se realizó a lo largo de un corredor de más de 30 m de longitud, llano, recto, con una superficie dura (baldosa antideslizante), marcándose la longitud del corredor cada tres metros y cuyos extremos se marcaron con un cono. Las líneas de arranque que indican principio y retorno, se marcaron en el suelo con una cinta brillante. Se utilizó un corredor de las dimensiones indicadas para evitar que se afectara el tiempo de marcha al hacer el cambio de dirección.

Las capacidades cognitivas fueron evaluadas a partir del ítem 1 de la Batería Evalúa-0³⁶, validado para población chilena en su segunda y última versión 2.0³⁷. La prueba evalúa habilidades de clasificación, series, organización perceptiva, y letras y números, a través de una prueba escrita que fue administrada de manera individual considerando los tiempos establecidos para cada subprueba. Las pruebas fueron corregidas y cuantificadas de acuerdo con el baremo chileno para nivel socioeconómico bajo (considerando el tipo de establecimiento), obteniéndose así los puntajes estándar para el análisis.

La aplicación del Test de Marcha de seis minutos fue supervisada por educadores físicos, mientras que el ítem de capacidades cognitivas fue supervisado por educadoras diferenciales. Solo se incluyeron en el estudio profesionales familiarizados con las pruebas a aplicar. En cualquier caso, previo a la aplicación se tomaron acuerdos respecto del instrumento y de la forma de puntuación con cada uno de los involucrados.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados directamente desde sus hojas de respuesta, comunes para todos los estudiantes, en el software SPSS

v.11 para Windows. Se utilizó el estadístico chi-cuadrado para determinar la dependencia o independencia de las variables estudiadas. Se solicitó además el consentimiento de participación en la investigación a los apoderados de los estudiantes y directivos del establecimiento, excluyéndose de la muestra a quienes no desearan participar.

Resultados

A partir de la correlación establecida entre ambas variables se puede determinar lo siguiente: la variable aptitud física y la variable nivel de capacidad cognitiva de clasificación demuestran una significación bilateral $p \leq 0.005$, por tanto se asume que existe una relación de dependencia entre ambas variables (tabla 1).

Respecto de la relación entre aptitud física y capacidad cognitiva de series, la significación bilateral observada es de $p \leq 0.005$, por tanto se asume que entre ambas variables existe una relación de dependencia (tabla 2).

La correlación entre aptitud física y capacidad cognitiva de organización perceptiva demuestra una significación bilateral $p \geq 0.005$, por tanto se asume que entre ambas variables existe una relación de independencia (tabla 3).

Finalmente, la correlación establecida entre aptitud física y capacidad cognitiva de letras y números es de $p \leq 0.005$, por tanto se asume una relación de dependencia entre ambas variables (tabla 4).

Los resultados establecen que existe una correlación significativa entre la aptitud física y todas las capacidades cognitivas (series, clasificación, letras y números) exceptuando la capacidad cognitiva de organización perceptiva.

Discusión

Los resultados de la investigación confirman que la actividad física se relaciona con la habilidad cognitiva, siendo coherente con estudios previos^{9,14}. La investigación realizada demuestra que el nivel de aptitud física se correlaciona con la habilidad cognitiva de seriación, clasificación y letras y números. En este sentido, se identifica que la acción de la aptitud física tiene implicaciones en habilidades que son básicas para la adquisición posterior de la lectoescritura y el concepto de número.

La correlación entre la aptitud física y la capacidad cognitiva de organización perceptiva no demuestra una correlación positiva. Sin embargo, a través de la prueba de Fisher, que establece una significación unilateral de 0.071, se podría asumir que la baja correlación se debe a un bajo nivel de la muestra, por tanto sería interesante proyectar estudios con una mayor tamaño muestral en relación con esta capacidad cognitiva. La baja correlación entre la organización perceptiva —que se refiere a la relación con cómo se recibe, procesa y organiza la información del medio circundante— y la aptitud física podría obedecer a mecanismos compensatorios de la percepción que operan de manera menos activa a través de la inhibición voluntaria³⁸, y que por lo demás son los que se promueven en los sistemas educativos³⁹, tales como la observación, escucha atenta e inhibición motriz.

Dados los resultados de este estudio, en conjunto con los de otros que, con base en diferentes poblaciones e instrumentos, también correlacionan positivamente las capacidades cognitivas con la alta aptitud física^{15,28,31}, se debería seguir profundizando con investigaciones que consideren evaluaciones de muestras más amplias y diferenciadas por nivel socioeconómico, ya que se ha identificado este como un factor que influye, tanto en la actividad física como cognitiva, de tal forma que los siguientes estudios se centren en las posibilidades de esta evidencia en la población.

Este estudio, que correlaciona la aptitud física con habilidades cognitivas observables en educación de párvulos, permite indagar

Tabla 1
Pruebas de Chi-cuadrado para aptitud física y clasificación

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	39.690 ^b	1	0.000		
Corrección por continuidad ^a	36.607	1	0.000		
Razón de verosimilitudes	50.564	1	0.000		
Estadístico exacto de Fisher				0.000	0.000
Asociación lineal por lineal	39.106	1	0.000		
N.º de casos válidos	68				

Fuente: exportado desde el programa SPSS para Windows 8 versión 11.0.

^a Calculado solo para una tabla de 2 × 2.

^b 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 12.62.

Tabla 2
Pruebas de Chi-cuadrado para aptitud física y capacidad cognitiva series

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	14.043 ^b	1	0.000		
Corrección por continuidad ^a	12.154	1	0.000		
Razón de verosimilitudes	16.067	1	0.000		
Estadístico exacto de Fisher				0.000	0.000
Asociación lineal por lineal	13.837	1	0.000		
N.º de casos válidos	68				

Fuente: exportado desde el programa SPSS para Windows 8 versión 11.0.

^a Calculado solo para una tabla de 2 × 2.

^b 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 9.18.

Tabla 3
Pruebas de Chi-cuadrado para aptitud física y organización perceptiva

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	3.860 ^b	1	0.049		
Corrección por continuidad ^a	2.768	1	0.096		
Razón de verosimilitudes	3.769	1	0.052		
Estadístico exacto de Fisher				0.071	0.049
Asociación lineal por lineal	3.804	1	0.051		
N.º de casos válidos	68				

Fuente: exportado desde el programa SPSS para Windows 8 versión 11.0.

^a Calculado solo para una tabla de 2 × 2.

^b 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 5.74.

Tabla 4
Pruebas de Chi-cuadrado para aptitud física y letras y números

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	11.070 ^b	1	0.001		
Corrección por continuidad ^a	9.268	1	0.002		
Razón de verosimilitudes	13.429	1	0.000		
Estadístico exacto de Fisher				0.001	0.001
Asociación lineal por lineal	10.908	1	0.001		
N.º de casos válidos	68				

Fuente: exportado desde el programa SPSS para Windows 8 versión 11.0.

^a Calculado solo para una tabla de 2 × 2.

^b 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 6.88.

respecto de la influencia que tiene la actividad física intencionada, comprendiendo el impacto que esta tiene en hormonas y proteínas que a su vez desencadenan procesos que favorecen la actividad mental. En este sentido, el comprender la relación que existe entre la aptitud física y las distintas habilidades cognitivas permitiría constituir un predictor a futuro del rendimiento académico del estudiante basándose en su condición física para, de esta forma, centrar el énfasis en prácticas orientadas a la vivencia, ejercitación y dominio del propio cuerpo como estrategia para favorecer la actividad mental.

En este sentido, los estudios referidos al metabolismo energético neuronal constituyen un promisorio campo de investigación

para dilucidar esta asociación. La posibilidad de que los mecanismos de señalización involucrados se relacionen con la práctica misma del ejercicio, y no necesariamente con la aptitud física que muestra el individuo, invita a investigar el impacto del ejercicio en las capacidades cognitivas en población que generalmente no muestra esta condición, ya sea sedentaria, con sobrepeso, obesos y/o con movilidad reducida.

Sería interesante proyectar estudios que consideren mayor cantidad de variables para profundizar en la relación de la aptitud física con el rendimiento escolar, como son el nivel socioeconómico, la condición de urbanidad y ruralidad y la disposición de recursos que motiven y favorezcan el ejercicio físico, como son

la tenencia de bicicleta, áreas verdes seguras, tiempo, entre otras. Asimismo, también sería interesante estudiar estos factores en relación con el coeficiente intelectual en niños mayores de seis años, así como realizar estudios utilizando pretest y posttest con la finalidad de determinar si la magnitud del efecto de las intervenciones en la aptitud física es independiente de otras variables que puedan intervenir.

Es de esperar que estos aspectos que quedan por dilucidar sean la fuente de investigaciones que permitan esclarecer no solamente estas interrogantes, sino también los mecanismos por los cuales diferentes tipos de población pueden verse directamente beneficiados, tanto en el área de la salud y rehabilitación, donde tradicionalmente se han abordado, como en el área de la educación.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci.* 2008;9(1):58-65.
- Richter EA, Ruderman NB. AMPK and the biochemistry of exercise: Implications for human health and disease. *Biochem J.* 2009;418(2):261-75.
- Singh A, Uijtendewilligen L, Twisk JW, van Mechelen W, Chinapaw MJ. Physical activity and performance at school: A systematic review of the literature including a methodological quality assessment. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2012;166(1):49-55.
- Heijnen S, Hommel B, Kibele A, Colzato LS. Neuromodulation of aerobic exercise – a review. *Front Psychol.* 2016;6:1890.
- Thayer RE, Newman JR, McClain TM. Self-regulation of mood: Strategies for changing a bad mood, raising energy, and reducing tension. *J Pers Soc Psychol.* 1994;67(5):910-25.
- Li J, Ding YH, Rafols JA, Lai Q, McAllister JP Jr, Ding Y. Increased astrocyte proliferation in rats after running exercise. *Neurosci Lett.* 2005;386(3):160-4.
- Kalaria RN. Vascular basis for brain degeneration: Faltering controls and risk factors for dementia. *Nutr Rev.* 2010;68 Suppl. 2:S74-87.
- Cotman CW, Berchtold NC, Christie LA. Exercise builds brain health: Key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends Neurosci.* 2007;30(9):464-72.
- Gómez-Pinilla F, Vaynman S, Ying Z. Brain-derived neurotrophic factor functions as a metabotrophin to mediate the effects of exercise on cognition. *Eur J Neurosci.* 2008;28(11):2278-87.
- Archer T, Svensson K, Alricsson M. Physical exercise ameliorates deficits induced by traumatic brain injury. *Acta Neurol Scand.* 2012;125(5):293-302.
- Tsatsoulis A, Fountoulakis S. The protective role of exercise on stress system dysregulation and comorbidities. *Ann N Y Acad Sci.* 2006;1083:196-213.
- Dietrich MO, Andrews ZB, Horvath TL. Exercise-induced synaptogenesis in the hippocampus is dependent on UCP2-regulated mitochondrial adaptation. *J Neurosci.* 2008;28(42):10766-71.
- Radak Z, Kumagai S, Taylor AW, Naito H, Goto S. Effects of exercise on brain function: Role of free radicals. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2007;32(5):942-6.
- Suijo K, Inoue S, Ohya Y, Odagiri Y, Takamiya T, Ishibashi H, et al. Resistance exercise enhances cognitive function in mouse. *Int J Sports Med.* 2012;34(4):368-75.
- Baker LD, Frank LL, Foster-Schubert K, Green PS, Wilkinson CW, McTiernan A, et al. Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: A controlled trial. *Arch Neurol.* 2010;67(1):71-9.
- Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM. Testosterone physiology in resistance exercise and training: The up-stream regulatory elements. *Sports Med.* 2010;140(12):1037-53.
- Enea C, Boisseau N, Fargeas-Gluck MA, Díaz V, Dugué B. Circulating androgens in women: Exercise-induced changes. *Sports Med.* 2011;41(1):1-15.
- Vaynman S, Gómez-Pinilla F. Revenge of the 'sit': How lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity. *J Neurosci Res.* 2006;84(4):699-715.
- Nagappan G, Lu B. Activity-dependent modulation of the BDNF receptor TrkB: Mechanisms and implications. *Trends Neurosci.* 2005;28(9):464-71.
- Hardie DG. AMP-activated protein kinase: A key system mediating metabolic responses to exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(1):28-34.
- Boero J, Qin W, Cheng J, Woolsey TA, Strauss AW, Khuchua Z. Restricted neuronal expression of ubiquitous mitochondrial creatine kinase: Changing patterns in development and with increased activity. *Mol Cell Biochem.* 2003;244(1-2):69-76.
- Cheng G, Polito CC, Haines JK, Shafizadeh SF, Fiorini RN, Zhou X, et al. Decrease of intracellular ATP content downregulated UCP2 expression in mouse hepatocytes. *Biochem Biophys Res Commun.* 2003;308(3):573-80.
- Kim-Han JS, Dugan LL. Mitochondrial uncoupling proteins in the central nervous system. *Antioxid Redox Signal.* 2005;7(9-10):1173-81.
- Carlini VP, Varas MM, Cragolini AB, Schiöth HB, Scimonelli TN, de Barioglio SR. Differential role of the hippocampus, amygdala, and dorsal raphe nucleus in regulating feeding, memory, and anxiety-like behavioral responses to ghrelin. *Biochem Biophys Res Commun.* 2004;313(3):635-41.
- Ramsey MM, Adams MM, Ariwodola OJ, Sonntag WE, Weiner JL. Functional characterization of des-IGF-1 action at excitatory synapses in the CA1 region of rat hippocampus. *J Neurophysiol.* 2005;94(1):247-54.
- Carro E, Trejo JL, Busiguina S, Torres-Aleman I. Circulating insulin-like growth factor I mediates the protective effects of physical exercise against brain insults of different etiology and anatomy. *J Neurosci.* 2001;21(15):5678-84.
- Tomprowski PD. Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychol.* 2003;112(3):297-324.
- Berchtold NC, Castello N, Cotman CW. Exercise and time-dependent benefits to learning and memory. *Neuroscience.* 2010;167(3):588-97.
- Hötting K, Reich B, Holzschneider K, Kauschke K, Schmidt T, Reer R, et al. Differential cognitive effects of cycling versus stretching/coordination training in middle-aged adults. *Health Psychol.* 2012;31(2):145-55.
- McMorris T, Davranche K, Jones G, Hall B, Corbett J, Minter C. Acute incremental exercise, performance of a central executive task, and sympathoadrenal system and hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity. *Int J Psychophysiol.* 2009;73(3):334-40.
- Cassilhas RC, Lee KS, Fernandes J, Oliveira MG, Tufik S, Meeusen R, et al. Spatial memory is improved by aerobic and resistance exercise through divergent molecular mechanisms. *Neuroscience.* 2011;202:309-17.
- Sanz D. Consideraciones de los maestros de Educación Física de Soria sobre la influencia de la práctica de ejercicio físico en el desarrollo de los niños y prácticas escolares para su mejora. *Rev Andal Med Deporte.* 2015;8(1):43-4.
- Pardo-Guijarro MJ, Amador-Ruiz S, Gutiérrez-Díaz del Campo D, Suárez-Gómez MA, Sánchez-Gavidía A, Gullías-González R. Relación entre la competencia motora y el rendimiento académico en niños de tercero de educación infantil y primero de educación primaria. *Rev Andal Med Deporte.* 2015;8(1):39.
- American Thoracic Society. American Thoracic Society statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111.
- Lammers AE, Hislop AA, Flynn Y, Haworth SG. The 6-minute walk test: Normal values for children of 4-11 years of age. *Arch Dis Child.* 2008;93(6):464-8.
- García J, González D. Bateria psicopedagógica Evalúa 0. Instituto de orientación psicológica EOS. Madrid: EOS; 1999.
- Martínez D, González D. Bateria psicopedagógica Evalúa-0: versión chilena 2.0. Madrid: EOS; 2006.
- Le Boulch J. El desarrollo psicomotor desde el nacimiento hasta los 6 años: consecuencias educativas. Barcelona, España: Paidós; 1995.
- Rosler R, Zaloff JM, Hernández D, Torino R, Socolovsky M, González Abbati S. La insosportable pasividad de la clase teórica. *Rev Argen Neurocir.* 2008;22(2):101-5.



Original

Comparison of conventional hamstring/quadriceps ratio between genders in level-matched soccer players



M. Pellicer-Chenoll^a, P. Serra-Añó^b, R. Cabeza-Ruiz^{c,*}, A. Pardo^d, R. Aranda^a, L.M. González^a

^a Department of Physical Education and Sport, University of Valencia, Valencia, Spain

^b Department of Physiotherapy, University of Valencia, Valencia, Spain

^c Department of Physical Education and Sport, University of Seville, Seville, Spain

^d Department of Physical Education, Catholic University of Valencia, Valencia, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 May 2015

Accepted 28 May 2015

Available online 6 September 2016

Keywords:

Muscular imbalance

Isokinetic strength

Soccer

Strength ratios

Torque

Injury risk

ABSTRACT

Objectives: The main goal of our study is to compare the hamstring/quadriceps (H/Q) ratio at different knee angles between level-matched male and female soccer players and to determine whether differences in the H/Q ratio exist between the dominant and the non-dominant leg.

Methods: A cross-sectional study design was used to compare an isometric H/Q ratio and functional isokinetic ratio (between hamstring in eccentric contraction and quadriceps in concentric contraction) between males ($n = 14$) and females ($n = 14$). These ratios were studied at two different speeds of movement (60° s^{-1} and 180° s^{-1}) and in five different positions (40° , 50° , 60° , 70° and 80° degrees of knee flexion).

Results: Our results showed no differences in the H/Q ratio between genders. The ratio in the dominant leg showed an average of 9% higher values. The ratios were an average of 53.4% lower in positions near flexion than in positions near extension.

Conclusions: For both men and women, the results showed lower ratios in the non-dominant leg compared to the dominant leg. At higher velocities, the force ratios were higher, while in more knee-flexed positions, the ratios were lower. Finally, we did not find differences in ratios between men and women.

© 2015 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Comparación del ratio de fuerza convencional isquiotibial/cuádriceps entre jugadores de fútbol de niveles similares de ambos sexos

RESUMEN

Objetivos: El objetivo principal del estudio es comparar el ratio de fuerza isquiotibial/cuádriceps (ratio H/Q) en diferentes ángulos de rodilla entre jugadores de fútbol de niveles similares y determinar si existen diferencias en dicho ratio entre la pierna dominante y la no dominante.

Métodos: Se utilizó un diseño transversal para comparar el ratio isométrico H/Q y el ratio funcional isocinético (ratio entre la fuerza durante una contracción excéntrica de isquiotibial y la fuerza durante una contracción concéntrica de cuádriceps) entre hombres ($n = 14$) y mujeres ($n = 14$). Estos ratios se estudiaron en dos velocidades (60° s^{-1} y 180° s^{-1}) y en 5 posiciones diferentes (40, 50, 60, 70 y 80 grados de flexión de rodilla).

Resultados: Nuestros resultados no mostraron diferencias significativas en el ratio H/Q entre sexos. El ratio en la pierna dominante mostró valores un 9% más altos que en la pierna no dominante. Los ratios fueron de media un 53.4% más bajos en posiciones cercanas a la flexión que en posiciones cercanas a la extensión.

Palabras clave:

Desequilibrio muscular

Fuerza isocinética

Fútbol

Ratios de fuerza

Momento de fuerza

Riesgo de lesión

* Corresponding author.

E-mail address: ruthcr@us.es (R. Cabeza-Ruiz).

Conclusiones: Para ambos sexos los resultados mostraron ratios más bajos en la pierna no dominante comparado con la pierna dominante. A velocidades superiores, los ratios de fuerza fueron mayores, mientras que en posiciones de mayor flexión de rodilla los ratios fueron menores. Por último, no se encontraron diferencias significativas en los ratios entre hombres y mujeres.

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

Comparação da relação de força convencional entre isquiotibiais/quadríceps entre jogadores de futebol com níveis semelhantes, de ambos os sexos

R E S U M O

Palavras-chave:

Desequilíbrio muscular
Força isocinética
Futebol
Relações de força
Momento de força
Risco de lesões

Objetivos: O principal objetivo do nosso estudo é comparar a relação de força entre Isquiotibiais/Quadríceps (H/Q) em diferentes ângulos do joelho entre jogadores de futebol (masculino e feminino) de níveis semelhantes para determinar se existem diferenças na relação entre H/Q entre o membro dominante e a não-dominante.

Método: U estudo de delineamento transversal foi utilizado para comparar a relação isométrica entre H/Q e isocinética funcional (razão entre a força dos isquiotibiais em contração excêntrica e do quadríceps em contração concêntrica, durante a extensão do joelho) entre homens (n = 14) e mulheres (n = 14). Estas razões foram estudadas em duas velocidades diferentes de movimento (60°/s e 180°/s) e em cinco posições diferentes (por exemplo 40, 50, 60, 70, e 80 graus de flexão do joelho).

Resultados: Os resultados não mostraram diferenças significativas na relação H/Q entre os sexos. A relação da perna dominante mostrou valores médios de 9% mais elevados em relação a perna não dominante. As proporções foram, em média, 53,4% menor em posições próximas a flexão do que em posições perto da extensão.

Conclusões: Para ambos os sexos, os resultados mostram razões mais baixas no membro não dominante em comparação com a dominante. À velocidade mais elevadas, as relações de força foram superiores, enquanto que em maiores flexões de joelho as relações foram menores. Finalmente, não foram encontradas diferenças significativas nas proporções entre homens e mulheres.

© 2015 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

The ratio between the strength of the hamstring (flexor muscles) and that of the quadriceps (extensor muscles), also known in the literature as the *H/Q* ratio, has been widely used in the fields of sports training and rehabilitation to describe the strength properties of muscles that affect the knee joint and to detect muscle imbalances.¹ The conventional *H/Q* ratio is defined as the ratio between the peak torque of the hamstring and the quadriceps and is generally measured during a concentric contraction, while the functional *H/Q* ratio is defined as the ratio between the peak torque of the hamstring during an eccentric contraction and the peak torque of the quadriceps during a concentric contraction (H_{ecc}/Q_{con}) (representative of knee extension).^{2,3} Low values of the *H/Q* strength ratio (<0.6 for 60° s⁻¹) may increase the risk of injury to the lower limb, especially anterior cruciate ligament (ACL) injuries and hamstring strains.^{4,5} Female athletes are 4 times more likely to suffer an ACL injury than their male counterparts.^{6,7} In recent years, some authors have linked the higher incidence of ACL injury to a reduced *H/Q* strength ratio in women.^{8,9}

Although some studies have found differences in the *H/Q* ratio between males and females,⁸ there is insufficient evidence to show that level-matched athletes performing the same sport and undergoing similar training programs show sex-related differences. In fact, studies that compared active men and women with similar activity levels did not find significant differences in the strength ratio between the anterior and posterior thigh muscles.^{10,11}

On the other hand, some articles suggest that women may have a reduced *H/Q* ratio in some knee joint positions,¹² however, as far as we know, no study has compared the strength ratios between level-matched athletes at different knee joint angles. We consider this comparison important because the realization of certain technical

gestures required in specific sports involves the activation of different muscles throughout their range of movement; consequently, the risk of injury can vary.

Soccer players may display unequal development of the right and left limbs due to certain technical actions performed in the sport, and such unequal development can cause functional or even structural asymmetries. The dominance of one side of the body over the other produces a greater ability of the dominant side and may involve differences in the strength of various muscles that depend on the actions required in the sport. Some studies of soccer players have shown differences in strength and flexibility between the dominant and the non-dominant leg¹³ and even biomechanical asymmetries between them.¹⁴

In this study, our aims were (i) to compare the functional and conventional *H/Q* ratios between level-matched male and female soccer players at different knee angles and (ii) to determine whether differences in the *H/Q* ratio exist between the dominant and non-dominant leg in these players.

Method

Experimental approach

This study was designed as a cross-sectional group comparison. The participants were divided into two groups using sex (i.e., male or female) as the classification criterion. Body mass and height were measured for each subject. One week before the day of the test, the subjects attended a familiarization session in which the procedures of the study were explained and in which they learned how to execute the various protocols. In the test session, isometric and isokinetic torque (at 60° s⁻¹, 180° s⁻¹) were recorded. These data

permit comparisons between groups to assess possible differences in the H_{ecc}/Q_{con} functional ratio.

Subjects

Twenty-eight subjects voluntarily participated in the study. The subjects were divided into two groups, the female group (FG), composed of 14 women with a mean (standard error of measurement; SEM) age of 22.62 (4.69) years, height of 166.15 (4.06) cm and weight of 60.08 (6.23) kg, and the male group (MG) composed of 14 men with an age of 20.64 (1.63) years, height of 177.36 (3.56) cm and weight of 70.00 (4.65) kg. All of the subjects were level-matched soccer players who trained approximately 10 h per week. To be included in the study, subjects were required to have regularly participated in official competitions. The exclusion criteria were (i) muscular lower limb injury, (ii) knee surgery or major ligament injury during the last two years, and (iii) the occurrence of any muscular or orthopedic problem during the test week.

All subjects were informed of the study protocols and gave written consent to participate in the study. The protocols complied with the requirements of the Helsinki Declaration of 1975 and its subsequent revision in 2008. The Institutional Review Board of the University of Valencia approved the study.

Procedures

The maximum hamstring and quadriceps torque was assessed isokinetically. A dynamometer (Biodex multi-joint system V.4X, Biodex Medical Systems Inc., Shirley, New York, USA) was used to obtain these measurements. Before measurements were taken, each individual performed a warm-up consisting of quadriceps and hamstring stretching and 3 submaximal repetitions of isokinetic quadriceps and hamstring strength for each speed (i.e., 60° s^{-1} , 180° s^{-1}). In both measurements, the axis of rotation of the dynamometer lever was visually aligned with the lateral malleolus, and the trunk, hips, thighs, and ankles were strapped to the dynamometer. During isometric testing, individuals were asked to sit with their lower limbs positioned 60° from the anatomical position of knee extension. Three repetitions, each five seconds in duration, were recorded with one-minute rest periods in between.

Following the recommendations of Brown and Weir,¹⁵ the subjects were asked to sit with 90° hip flexion and an initial knee flexion of 100° during the isokinetic measurements. Four repetitions were recorded at each of the two speeds listed above, and the maximal torque during the repetitions was measured. The tests performed were (i) knee extension and flexion for registering the concentric and eccentric actions, respectively, of the quadriceps; and (ii) knee flexion and extension for exploring the eccentric and concentric actions, respectively, of the hamstring. The first three repetitions were performed at an angular velocity of 60° s^{-1} and the subsequent repetitions at 180° s^{-1} . Higher angular velocities were avoided to minimize the risk of injury due to excessively powerful movements. For each measurement, a gravity correction was performed following the device manufacturer's instructions. The rest period between velocities and movements was 90 s. The range of motion was fixed between 100 and 20° knee flexion.

The testing procedures were identical for both legs; the order of assessment of the two legs was counterbalanced.

Signal processing

Matlab 7.0 (Mathworks Inc., Natick, USA) was used to process the strength signals. For isometric signals, the average value of the central second period was established. The mean value for the three repetitions was set as the maximum isometric torque for flexion and extension movements. The H/Q isometric ratio was calculated

by dividing the flexor maximum isometric torque by the extensor maximum isometric torque.

For isokinetic signals, the torque at 40° , 50° , 60° , 70° and 80° of knee flexion was established using two repetitions of the movement at each velocity. The mean value of the two repetitions was set as the torque for each joint angle. Moreover, the peak torque for the same two repetitions was found, and the mean value was taken as the isokinetic peak torque. Conventional (i.e., H_{con}/Q_{con}) and functional (i.e., H_{ecc}/Q_{con}) H/Q ratios were calculated for each joint angle and for isokinetic peak torque.

Statistical analyses

SPSS 17 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for statistical analysis. Basic statistical methods were applied to obtain the mean as descriptive of the central tendency and the standard error of the mean as descriptive of the statistical dispersion.

The assumptions of normality (Kolmogorov–Smirnov test), homoscedasticity (Levene test) and sphericity (Mauchly's test) were tested before performing differential statistical analysis. For the isometric measurements, a mixed model [Group (2) \times Leg (2)] ANOVA was applied to establish the effects of 'group' and 'leg' tested on the dependent variables. A mixed model [Group (2) \times Leg (2) \times Velocity (2) \times Joint angle (6) \times type of ratio] ANOVA was applied to establish the effects on the isokinetic variables. Follow-up of the multivariate contrast was performed through univariate contrast. Post hoc analysis with Bonferroni correction was performed in the case of significant main or interaction effects. The significance level for all tests was set at $p < 0.05$.

Results

Isometric measurements

There were no main or interaction effects of the H/Q isometric ratio. Women showed a mean (SEM) isometric ratio of 0.48 (0.01), while men showed a mean value of 0.49 (0.02). For both men and women, the average values of dominant leg showed an isometric ratio of 0.51 (0.01), while the non-dominant leg showed an isometric ratio of 0.47 (0.01).

Isokinetic H/Q ratio

For the H/Q isokinetic ratio, univariate contrast showed significant effects of velocity ($F_{1,312} = 69.17$; $p < 0.001$; $\eta^2 p = 0.18$), angle of the ratio ($F_{5,312} = 26.42$; $p < 0.001$; $\eta^2 p = 0.3$), leg ($F_{1,312} = 4.27$; $p = 0.04$; $\eta^2 p = 0.14$) and type of ratio ($F_{1,312} = 603.9$; $p < 0.001$; $\eta^2 p = 0.66$). In addition, the interactions type of ratio \times angle of the ratio ($F_{5,312} = 16.27$; $p < 0.001$; $\eta^2 p = 0.21$), velocity \times type of ratio ($F_{1,312} = 175.42$; $p < 0.001$; $\eta^2 p = 0.36$) and velocity \times type of ratio \times angle of the ratio ($F_{5,312} = 5.02$; $p < 0.001$; $\eta^2 p = 0.07$) were significant in the dependent variable.

The H/Q isokinetic ratio was higher at 180° s^{-1} (mean = 1.0; SEM = 0.03) than at 60° s^{-1} (mean = 0.73; SEM = 0.01). Moreover, the conventional ratio (mean = 0.63; SEM = 0.01) showed a lower value than the functional ratio (mean = 1.09; SEM = 0.03). The H/Q ratio showed higher values in the dominant leg (mean = 0.9; SEM = 0.03) than in the non-dominant leg (mean = 0.82; SEM = 0.02). There were differences in the H/Q ratio values depending on the knee angle; these differences are shown in Table 1.

Discussion

The major findings of our study were the detection of increased strength at angles closer to knee extension compared to more

Table 1
Differences in conventional and functional ratios by extension angle.

Joint angle	Conventional ratio		Functional ratio	
	60° s ⁻¹	180° s ⁻¹	60° s ⁻¹	180° s ⁻¹
40°	0.84 (0.03) ^{*,†,§,#,}	1.02 (0.12) ^{*,†,§,#,}	1.31 (0.05) ^{*,†,§,#,}	2.04 (0.24) ^{*,†,§,#,}
50°	0.62 (0.02) ^{†,§,#}	0.72 (0.04) ^{§,#}	0.96 (0.04) ^{†,§,}	1.51 (0.11)
60°	0.49 (0.02)	0.58 (0.02)	0.75 (0.03)	1.23 (0.07)
70°	0.43 (0.02)	0.46 (0.02)	0.66 (0.03)	1.03 (0.05)
80°	0.43 (0.03)	0.44 (0.02)	0.64 (0.04)	1.05 (0.05)
Peak torque	0.59 (0.01)	0.68 (0.02)	0.86 (0.02)	1.32 (0.05)

Data are expressed as the mean (SEM).

* Indicates a significant difference ($p < 0.05$) compared to 50° joint angle.

† Indicates a significant difference ($p < 0.05$) compared to 60° joint angle.

§ Indicates a significant difference ($p < 0.05$) compared to 70° joint angle.

Indicates a significant difference ($p < 0.05$) compared to 80° joint angle.

|| Indicates a significant difference ($p < 0.05$) compared to the peak torque ratio.

flexed positions and a lack of a difference in the H/Q ratios between men and women.

In the first part of the study, H/Q ratios were compared between male and female players. The results showed no differences in any of the ratios between the sexes. Some authors who compared the H/Q ratios of male and female level-matched athletes with similar activity levels^{10,11} have reported results similar to those found in our study. In these studies, it was suggested that the lower H/Q ratios reported by others may have been due to the lack of control of extraneous variables such as age or training background. Thus, in our work, we were very careful to control variables that may affect the detection of muscle imbalance differences (e.g., hours of training, level of training and training type). Therefore, the main conclusion that may be drawn from these results is that, despite some anatomical and physiological disadvantages that may predispose them to injury,¹⁶ women soccer players training at the same level as men do not show differences in the prognosis of injury based on force ratios.

Another controversial issue is the comparison between the dominant and the non-dominant leg. In our study, the dominant leg showed significantly higher H/Q ratios than the non-dominant leg. There is a specific reason that may explain the differences between legs. Soccer is a sport that involves some actions in which only the dominant leg is required or in which the two legs perform different movements (e.g., long pass, shooting goal); thus, the dominant leg may perform more varied actions. In addition, some of the movements performed by the dominant leg place greater strength demands on the hamstring that those performed by the non-dominant leg. This fact may explain the differences found in our work.

Concerning the limb angle at which the ratio was calculated, we found significant differences (i.e., angles closer to extension show higher ratios than more flexed angles). The actions typically performed while shooting at a soccer goal have the following dynamic. At the beginning of the action, the hamstring performs a slightly eccentric contraction,^{17,18} while at the end of the action the eccentric contraction of the hamstring provides braking essential for knee protection; therefore, the magnitude of the force is very high. This action, which is repeated many times in a match and over many matches, strengthens the hamstrings involved when the knee is close to extension. However, far from reassuring therapists who care for soccer players, this fact should warn them of the risk to the knee in flexed positions. Although some experts think that shooting actions are the most important, other actions such as braking or direction changes require hamstring eccentric force in knee-flexed positions. The hamstring strength in eccentric contraction may be increased at these angles to avoid anterior tibial translation.²

Because the force application time is different for each speed of motion, the flexo-extension velocity should also be considered.

Thus, we found higher forces at lower velocities (60° s⁻¹), and this may influence the relationship between the quadriceps and the hamstring. The eccentric contraction is not as greatly influenced by varying the speed as is the concentric contraction.² In our study, the concentric contraction was performed by the quadriceps. Thus, comparing speeds of 180° s⁻¹ and 60° s⁻¹, quadriceps strength was greater than hamstring strength at the lower speed. This may explain the higher ratios found at higher velocities (180° s⁻¹). In addition, there is greater knee stabilization in situations in which greater joint stress is expected, such as high-velocity movements or actions in which the knee is close to full extension.^{17,19,20}

The primary limitation of our study is related to the lack of nervous system activity measurement (EMG). Future research should attempt to deepen our understanding of the motor patterns that underlie agonist–antagonist coordination.

In conclusion, our results show lower H/Q ratios in the non-dominant leg compared to the dominant leg. With respect to velocity, our results confirm that the force ratios are higher at higher velocities, while in the more knee-flexed position, lower deficient ratios were found. Finally, we found no differences in H/Q ratios between men and women.

Conflict of interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

Acknowledgments

The authors would like to thank Dr. Xavier García-Massó (University of Valencia, Valencia, Spain) for his contribution to this study.

References

- Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Int J Sports Med.* 1994;15:S11–8.
- Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med.* 1998;26:231–7.
- Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand.* 1995;154:421–7.
- Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.* 2003;13:244–50.
- Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 2002;30:199–203.
- Ahmad CS, Clark AM, Heilmann N, Schoeb JS, Gardner TR, Levine WN. Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *Am J Sports Med.* 2006;34:370–4.

7. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynonn B, Fukubayashi T, Garrett W, et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med.* 2008;42:394–412.
8. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Slaughterbeck JR. Preparticipation physical examination using a box drop vertical jump test in young athletes: the effects of puberty and sex. *Clin J Sport Med.* 2006;16:298–304.
9. Holm I, Vøllestad N. Significant effect of gender on hamstring-to-quadriceps strength ratio and static balance in prepubescent children from 7 to 12 years of age. *Am J Sports Med.* 2008;36:2007–13.
10. Bojsen-Møller J, Larsson B, Magnusson SP, Aagaard P. Yacht type and crew-specific differences in anthropometric, aerobic capacity, and muscle strength parameters among international Olympic class sailors. *J Sports Sci.* 2007;25:1117–28.
11. Kong PW, Burns SF. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Phys Ther Sport.* 2010;11:12–7.
12. Krishnan C, Huston K, Amendola A, Williams GN. Quadriceps and hamstrings muscle control in athletic males and females. *J Orthop Res.* 2008;26:800–8.
13. Rahnama N, Lees A, Bambaecchi E. A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics.* 2005;48:1568–75.
14. Dörge HC, Andersen TB, Sørensen H, Simonsen EB. Biomechanical differences in soccer kicking with the preferred and the non-preferred leg. *J Sports Sci.* 2002;20:293–9.
15. Brown LE, Weir JP. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *JEP Online.* 2001;4:1–21.
16. Liu SH, Al-Shaikh R, Panossian V, Yang RS, Nelson SD, Soleiman N, et al. Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cells in the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res.* 1996;14:526–33.
17. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson SP, Bojsen-Møller F, Dyhre-Poulsen P. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10:58–67.
18. Kellis E, Baltzopoulos V. The effects of antagonist moment on the resultant knee joint moment during isokinetic testing of the knee extensors. *Eur J Appl Physiol.* 1997;76:253–9.
19. Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios. *J Strength Cond Res.* 2007;21:41–7.
20. Kellis E, Katis A. Quantification of functional knee flexor to extensor moment ratio using isokinetics and electromyography. *J Athl Train.* 2007;42:477–85.



Original article

Physical activity and sleep of persons living with HIV/AIDS: A systematic review



I.K. dos Santos^a, K.P.M. de Azevedo^a, A.P.K.F. Silveira^a, J.C. Leitão^b, T. Bento^c, P.M. da S. Dantas^d,
H.J. de Medeiros^a, M.I. Knackfuss^{a,*}

^a Programa de Pós-Graduação em Saúde e Sociedade (PPGSS), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró/RN, Brazil

^b Departamento Ciências do Desporto, Exercício e Saúde, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Vila Real, Portugal

^c Escola Superior de Desporto de Rio Maior (ESDRM/IPS), Rio Maior, Portugal

^d Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 May 2016

Accepted 29 August 2016

Available online 3 November 2016

Keywords:

Physical activity

Exercise

Sleep

Quality of sleep

Human immunodeficiency virus

HIV/AIDS

ABSTRACT

The objective of this academic work is to present the evidences available in literature about the relation between physical activity and sleep in regards to individuals living with HIV/AIDS. The databases: Web of Science, PubMed/MEDLINE, Science direct, Bireme, Scopus and EBSCO, were used to identify four articles, published until September 2015 to be included in this systematic review. According to the analyzed studies, interventions with physical activity for persons living with HIV/AIDS were significantly associated with the quality of sleep, total sleep time, efficiency, decreased of number of awakenings during sleep and improvement of sleeping disorders (insomnia). Therefore, the results presented in this research paper makes evident that physical activity has a relation with the quality of sleep amongst this specific population group, causing benefits to the quality of life of the patients. Nonetheless, it has been noticed that there is a necessity for more research and investigation in regards to the topic presented.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

La actividad física y el sueño de las personas que viven con el VIH/sida: una revisión sistemática

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar las evidencias disponibles en la literatura sobre la relación entre la actividad física y el sueño en personas que viven con VIH/sida. Las bases de datos Web of Science, PubMed/MEDLINE, Science Direct, Bireme, Scopus y EBSCO, fueron utilizadas para identificar cuatro artículos publicados hasta septiembre de 2015, para su inclusión en esta revisión sistemática. Según los estudios analizados, las intervenciones basadas en actividad física, para personas que viven con el VIH/sida, se asocian significativamente con la calidad del sueño, el tiempo total del sueño, la eficiencia, la disminución de la fragmentación del sueño y mejoras en trastornos del sueño (insomnio). De esta manera, los resultados de este estudio evidencian que la actividad física está relacionada con la calidad del sueño de este grupo específico de población, generando beneficios en la calidad de vida de los pacientes. Aun así, se ha constatado la necesidad de realizar más investigaciones y estudios sobre el tema presentado.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Palabras clave:

Actividad física

Ejercicio

Sueño

Calidad del sueño

Virus de la inmunodeficiencia humana

VIH/SIDA

* Corresponding author.

E-mail address: kmairairany@yahoo.com.br (M.I. Knackfuss).

Atividade física e sono de pessoas que vivem com HIV/AIDS: Uma revisão sistemática

R E S U M O

Palavras-chave:

Atividade física
Exercício
Sono
Qualidade do sono
Vírus da imunodeficiência humana
HIV/AIDS

O objetivo deste trabalho é apresentar as evidências disponíveis na literatura sobre a relação entre atividade física e o sono de pessoas que vivem com HIV/AIDS. As bases de dados Web of Science, PubMed/MEDLINE, Science Direct, Bireme, Scopus e EBSCO, foram utilizadas para identificar quatro artigos, publicados até setembro de 2015, para a inclusão nesta revisão sistemática. De acordo com os estudos analisados, intervenções com atividade física para pessoas que vivem com HIV/AIDS associam-se significativamente com a qualidade do sono, tempo total do sono, eficiência, diminuição da fragmentação do sono e melhoras nos distúrbios do sono (insônia). Desta forma, os resultados do presente estudo evidenciam que a atividade física tem relação com o sono dessa população, gerando benefícios para a qualidade de vida dos pacientes. Ainda sim, percebe-se a necessidade de mais indagações e pesquisas acerca da temática apresentada.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U.

Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

Acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) is characterized as a clinical manifestation in which the agent is the human immunodeficiency virus (HIV), being thus acknowledged as a serious public health problem at a world level due to its profound suppression of the immunity, mediated by the T cells, in which makes individuals susceptible to opportunistic infections, neurological diseases and muscular hypotrophy.^{1,2}

In this manner, the antiretroviral treatment (TARV) appears as an associated tool for the search of better quality of life and survival, reducing thus 33% of the number of deaths caused by HIV infection. On the other hand, this treatment often is associated with the use of protease inhibitors, which can cause side effects.^{3,4}

Most of the side effects identified is associated to the metabolic processes, thus increasing the risk of metabolic syndromes, lipodystrophy, insulin resistance, hyperglycemia and redistribution of body fat as well as diarrhea, nausea, vomit, agitation and insomnia.⁵

Since this is, an infection that facilitates the onset of various other opportunistic diseases, due to the deterioration of the individual's immune system, evidences shows the appearance of neurological problems. Such as, sleeping disorders, which could be related to the deficit of dopamine release (produced by the adrenal glands) for the regulation of sleep, and which could influence the worsening of the patient's health.^{6–8} In this regard, the practice of physical activity appears as a non-pharmacological treatment, which aims to decrease the action of the treatment's side effects and the opportunistic diseases, thus providing numerous benefits for this population group.^{9–11}

Studies shows that the effects of regular physical exercise, provides benefits for sleeping, regarding hypothesis such as thermos regulation (the increase in body temperature facilitates the sleep induction). In addition, energy conservation (the increase of calorie output promoted during sleep because physical exercise increase the necessity of sleep) in order to obtain a positive energetic balance, establishing a condition for the sleeping cycle.¹²

Although, there are evidences which indicates that physical exercise provides beneficial effects and consequently a possible relation with a good quality of sleep, there are still no systematic analysis that explores the relation between physical exercise and sleep in individuals living with HIV/AIDS.^{13,14} And thus, aiding professionals that work with this population group with interventions and the targeting of actions.

Thus, the objective of this study is to verify the scientific evidences available on the relation of physical exercise and sleep in persons that living with HIV/AIDS.

Method

Selection criteria

The current systematic revision was elaborated observing the methodological procedures of The Cochrane Collaboration.¹⁵ The search of the descriptors and terms used were made through consultations on the *Descritores em Ciências da Saúde* (DeCS) through the portal of the *Biblioteca Virtual em Saúde* (BVS) and Medical Subject Headings (MeSH), through the portal of the U.S. National Library of Medicine (NLM).

The descriptors used were: “Physical activity”, “Exercise”, “sleep”, “insomnia”, “HIV” and “Acquired immunodeficiency syndrome”, “actividad física”, “ejercicio”, “sueño”, “insomnio”, “VIH” and “Síndrome de inmunodeficiencia adquirida”. For the variable physical activity were included the terms “Physical activity, Exercise, actividad física and ejercicio” and for the variable sleep, the terms used were “sleep, insomnia, sueño, insomnio”.

The searches were made in the English and Spanish language, using the Boolean operators, “AND” and “OR” for the searches in English, and “Y” and “O” for the searches in Spanish. Additional researches were elaborated in the references of the selected articles; however, no relevant article was identified.

Inclusion and exclusion criteria

The studies identified through these methods were selected based on the following inclusion criteria: (1) studies with transversal, longitudinal and intervention delineation that examined the acute or chronic effect of physical activity in a biological measure or self-report of the total time of sleep, latency, efficiency, numbers of awakenings, phases 1, 2, 3, and 4 of sleep, slow waves of sleep, sleeping disorders and quality of sleep; (2) adults of both genders living with HIV/AIDS (in other words, average age ≥ 18); (3) making use or not of the antiretroviral therapy; (4) articles published in English or Spanish; and (5) be published until September, 2015.

The exclusion criteria were selected to assure that the studies included were well controlled. In this manner, the studies that presented the following criteria were excluded: (1) studies analyzing only physical activity without making a relation between physical

activity and sleep; (2) studies that examined other type of population group; (3) including exclusively children and adolescents (average age below 18); and (4) studies with animals.

Database and research strategies

The research was made during July and September 2015, in the bases of the electronic periodicals Web of Science, PubMed/MEDLINE, Science Direct, Bireme, Scopus and EBSCO. The strategy of the research was based in a combination of three parameters of research; independent variable (PE), dependent variable (sleep), population of interest (adults living with HIV/AIDS).

In the first phase, 6.285 articles were located in the following databases: Web of Science $n = 28$ (0.4%), PubMed/MEDLINE $n = 36$ (0.5%), Science Direct $n = 6.058$ (97%), Bireme $n = 27$ (0.4%), Scopus $n = 60$ (0.9%), EBSCO $n = 76$ (1.0%), such as described in Fig. 1.

The searches were performed through two researchers (Name initials: IKS and MIK) that, in an independent manner, researched, extracted and assessed the quality of the studies. The discrepancies found were resolved through the meeting of a consensus or through a third evaluator (Name initials: KPMA).

Assessment of the methodological quality of the studies

To evaluate the methodological quality of the studies, it was used the Downs & Black scale¹⁶ and as reference, the check-list

Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).¹⁷

Results

Using the strategy for searching as described previously, 6285 articles were identified, in which 5811 were excluded for being duplicated, leaving 474 articles for the reading of their titles. After the reading of the titles, 405 more articles were excluded for not comprising the criteria for selection as defined, remaining 69 articles for the reading of the abstracts.

The next stage included the reading of 69 abstracts, in which 58 articles were excluded, for containing in the sample the following: healthy adults, average age not in the range determined by the study, did not investigate the variables defined and literature revision studies. Concluding, 11 articles were selected to be read thoroughly, and after the reading of the manuscripts, seven articles that did not attend the inclusion criteria were excluded (three articles because were a literature revision and four others because did not include the main variable of interest), remaining four articles to be evaluated.

From the selection process of the articles, a synthesis of the characterization and sociodemographic data of the included studies was performed, in which it was identified, that in the four selected

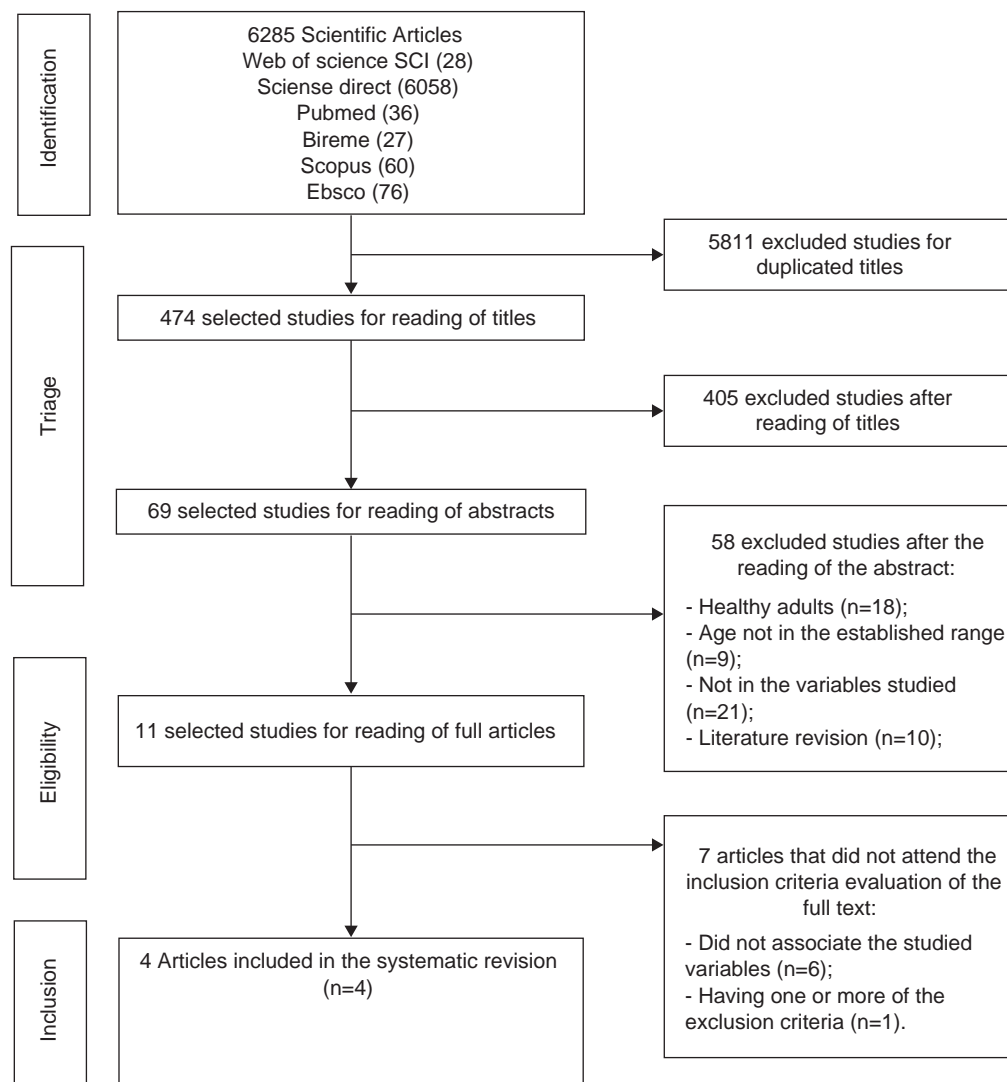


Fig. 1. Flowchart of the process for the selection of the studies.

Table 1
Sociodemographic and methodology characteristics of the evaluated studies (n = 4).

Author/year	Country	Sample (gender)	Age (years)	ART	Design	Instruments		P
						Physical activity	Sleep	
Sandoval, Gilkerson, 2015	USA	1 patient (male)	67	Y	Case study (intervention)	Accelerometer (Fit Bit Flex) TC6	PSQI Fit bit Flex	17
Wirth et al., 2015	USA	45 patients (26 male; 19 female)	47.1 ± 9.4	Y	Transversal	Bruce Protocol Accelerometer (Sense Wear)	Sense Wear	17
Webel et al., 2013	USA	40 patients (both gender)	>18	Y	Pilot study (intervention)	Accelerometer (Actigraph)	Sleep Diary Actigraph	20
Hudson, Portillo, Lee, 2008	USA	30 patients (female)	31 and 54 (40.4 ± 6.3)	NR	Pilot study (intervention)	Accelerometer (Actigraph)	PSQI Actigraph GSDs	21

USA: United States of America; ART: antiretroviral treatment; Y: yes; N: no; NR: not reported; PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index Questionnaire; SMWT: Six-Minute Walk Test; GSDs: General Sleep Disturbance Scale; P: quality points.

academic papers, all of them were conducted in the United States, during 2008 and 2015. The samples of the studies varied from 1¹⁸ to 45 adults living with HIV/AIDS,¹⁹ making use of the antiretroviral therapy, ages ranging from 18 to 67 years old, however only study did not report if the sample was making use of the antiretroviral therapy²⁰ (Table 1).

Of the four studies evaluated, all of them used the accelerometer to assess the physical activity, however, one study used the accelerometer model Fit bit Flex,¹⁸ another the Sense Wear,¹⁹ and two other studies used the Actigraph.^{20,21}

To evaluate the sleep variable, the four studies used actimeters and questionnaires. In the studies of¹⁸ and²⁰ the Questionnaire Index of Sleep Quality from Pittsburg was used, validated by Buysse et al.,²² and the daily sleep was used.²¹ In the study of the actimeter Sense Wear was used,¹⁹ while that in the studies,^{20,21} the actimeter Actigraph was used, the participants used them in the pulse or in the waist for at least seven days (one week) to ten days.

Table 2 presents the data of all the studies included in this revision, identifying the types of intervention performed, procedure for each intervention, the results and conclusions. In this respect, it demonstrates how the authors accomplished the procedures aiming to identify the association between physical activity and sleep, from simpler statistical technics to the comparisons of the averages (paired *t*-test), association test of the *Chi-Squared*, comparison test (*Anova*) until more sophisticated techniques as analysis of the variance and covariance (*ANCOVA*).

All of the studies presented a good methodological quality, referent to the Downs and Black scale, obtaining values above 17 points from the 27 items assessed. Out of the four studies analyzed, the studies pertaining a significant association was observed between the interventions with the practice of physical activity over the total time of sleep and the decrease of 64% in the number of awakenings during sleep.^{18–21} However, while analyzing the time for the practice of physical activity by the participants, it was observed that as less time was dedicated for physical exercise, greater was the chances for the individuals to present a high value of C-reactive protein (CRP) and consequently a shorter time of sleep (<8 h/day).¹⁹ In the other hand, identified significant association in the reduction of occurrences of insomnia episodes and improvement in remaining a sleep.²⁰

Discussion

This systematic review examines the effect of the practice of physical activity on sleep of people living with HIV/AIDS. The results show that with regular practice of physical activity can realize significant improvements in total sleep time, sleep efficiency and

reduction in episodes of sleep disorders, offering a better quality of life for the population studied.

Based on the analyzed literature in this systematic revision, it is noticed a concern about the quality of sleep in regards to people living with HIV/AIDS, since that around 70% of the population reported having problems related to sleeping disorders.²³

In light of this, the results of the assessed studies in this revision presents evidences that there is a consensus in literature about the association between the practices of physical activity and sleep, nevertheless, other behavioral, sociodemographic and health factors could mediate this complex relation.

Thus, it can be highlighted that the principal findings of the studies in this revision, were:

- Patients living with HIV/HCV submitted to intervention based on a program for physical activity, were significantly associated with improving the quality of sleep.¹⁸
- Patients that engage themselves in at least 70 min of moderate to vigorous physical activity (MVPA) are more predisposed to have sufficient sleep, better efficiency and demonstrated lower values of Cardiorespiratory Arrest and Interleukin 6, reducing the risk of inflammation.¹⁹
- Participants of behavioral intervention that includes the practice of physical exercises, presented an increase in the duration of sleep, efficiency and a decrease in the fragmentation of the night of sleep, and consequently a reduction in sleeping disorders, and health improvement and life expectancy of this population group.²¹
- The participation in physical activity is associated with an improvement in the frequency of insomnia episodes.²⁰

Furthermore, the methods used the most to evaluate the association between MVPA and sleep were through the interventions based in the practices of physical activity, and behavioral changes. In this manner, the practice of physical activity in all of the studies were evaluated by accelerometer, of different models, due to its validation and objectivity in the application of the study with small and large samples.^{18–21} For the evaluation of sleep, the studies used the actimeter (a watch that provides continuous data of the movements).

Based on these issues practicing less hours of physical activities is correlated with a less time of sleep, less efficiency and consequently with the development of the inflammation process, causing more problems to aggravate the disease.¹⁹ On the other side, was identified an increase directly proportioned to the quality of sleep and consequently a significant improvement in the number of awakenings during sleep.¹⁸ Correlated positively with the practice of physical activity proposed in the intervention with

Table 2
Methodology indicators, statistics, results and conclusions of the included studies (n = 4).

Author, year	Type	Intervention time	Types of intervention	Statistics analysis	Main results	Conclusions	P
Sandoval and Gilkerson, 2015	EC	6 weeks	Training A (Cardiovascular Training) – 3 sessions per week; 2 weeks of manual and cardiovascular stretching, walk or accelerated cycling for 30–60 min, 3–4 days per week, 40–60% of intensity. Training B (Resistance Training) – 3 sessions per week; 2 weeks of resistance training, making tests of 1 RM, rate of 3 sets of 4 repetitions for each exercise. Training AB (Training Circuit) – 3 sessions per week, 2 weeks of training in circuit with the cardiovascular and resistance training.	ANOVA Post Hoc Dunnet t	There was a significant improvement in the quality of sleep, having a final score in the questionnaire of 4/21, with a decrease of 64% in the number of awakenings during the night.	Exercise programs can improve the quality of sleep of individuals that live with HIV/HCV.	17
Wirth et al., 2015	T	7–10 days	The Sense Wear was used in the left arm per 10 days.	Qui Quadrado	The participants that did more than 70 min of moderate to vigorous physical activity per day showed a greater total time of sleep.	Participation in physical activity helped maintain the quality of sleep.	17
Webel et al., 2013	PS	10 weekly sessions	The Actigraph was used 7 days continuously, and then there was a participation of the System Alterar-HIV, which is based on the intervention and established in a socio-ecologic model.	ANCOVA	Increase in the total time of sleep; increase in the efficiency of sleep; decrease in the fragmentation and reduction of sleeping disorders. Increase of life satisfaction.	Interventions with physical activity are reasonable to improve the quality of sleep of this population group.	20
Hudson, Portillo, and Lee, 2008	PS	1 week with sessions of 30–45 min	B.E.T.T.E.R intervention, using the six principles: Bedroom – The noise, light and temperature of the room should be considered. Exercise – Maintain the practice of physical activity for a good night of sleep. Tension – Reduce the tension with relaxing activities. Time of sleep – Not everybody needs 8 hours of sleep. Eating, drinking and drugs – Sleep is affected by what is eaten, drunk and the medications that are taken. Rhythm – Keep a day and night program.	Teste t paired with the Cosinor Analysis	Improvement in maintaining a sleep, sleeps latency, and decrease in insomnia occurrence.	Intervention with physical activity helps decrease episodes of insomnia in this community group.	21

T: transversal; EC: case study; PS: pilot study; P: quality points; CRP: C-reactive protein; TTS: total time of sleep; MVPA: moderate to vigorous physical activity.

different types of training and with the intensity of activity recommended by the American College of Sports Medicine.²⁴

In this same manner, was indicated that the results of the patients living with HIV/SIDA, which participated in interventions with the objective to change the behaviors that may cause complications pertaining to their clinical condition, are of great relevance.²⁰ Demonstrating that, the participation in ten sessions involving daily changes and the stimulus for the practice of physical exercises, demonstrated the existence of beneficial effects in the quality of sleep and consequently in the quality of life. Presenting an increase of ten minutes of sleep time and an increase of 2.3% in efficiency and a decrease of 2% in fragmentation during sleep, becoming thus an intervention that is reasonable for the intended population group. Notwithstanding, these results were divergent to the ones identified that, although it reported significant improvements in insomnia episodes with the realization of an intervention through the practice of physical activity, it did not identify

significant improvements in the number of awakenings and there was no alteration with the total time of sleep of the participants.²⁰

Knowing that the quality and the quantity of sleep time are determined and influenced by the designated habits, that is, by the occurrence or not of the factors and situations occurred between the time to lay down to sleep and wake up. The studies analyzed in this revision besides associating the relation between physical activity and sleep, reported some aspects that influences sleep. Among those, it can be highlighted the immune system (TCD4/CD8), the antiretroviral treatment (ART), body mass index (BMI), perception of stress, pain symptoms, eating habits and the environment used by the patients to sleep.²⁵

According to the evaluation of the quality of the four studies, all of them presented high quality, with a level of score obtained equal or above 80%, reinforcing thus the evidences of association between the physical activity with the quality of sleep and its particularities.^{18–21}

Taking in consideration the results presented, it is noteworthy to highlight the relation and association between the physical activity and sleep in persons living with HIV/AIDS, submitted to interventions in different contexts and specifications, since the physical activity was present in all the interventions even though in different forms, providing answers to the treatment of this population group.

The current revision is not free from limitations, among those is highlighted the characteristics of the selected studies, that made it difficult to identify more clear the panorama about the interventions and behaviors approached, making it necessary to standardize the methods of practices. Among these characteristics, it was verified the fragility of the studies in which regards the methodological aspects related to the selection and sample calculation, since that it was not specified in other studies. In the same manner, it is suggested that subsequent studies be made in different places, making it possible to detect samples of different regions and countries, above all, in different contexts. This evaluation demonstrates that there are scarce studies concerning adults, especially living with HIV/AIDS and recommends directions for new studies. The present study adopted, during the searching process, all the methodological procedures to assure its quality.

According to the results presented in the revision, it is concluded that there is a relation between the practice of physical activity and sleep, although there is also a necessity for more studies, so that more information may be disclosed in regards to the topic in discussion. Even so, individuals that living with HIV/AIDS needs to adopt healthy habits for the enhancement of the quality of sleep and consequently the quality of life.

Ethical responsibilities

Protection of people and animals. The authors state that for this research has been no experience in humans and/or animals.

Confidentiality of data. The authors declare that they appear patient data in this article.

Right to privacy and written consent. The authors declare that they appear patient data in this article.

Funding

This study was funded with three postgraduate scholarships by Higher Education Personnel Improvement Coordination (CAPES/CNPQ) (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPPES/CNPQ).

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgements

To the *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/CNPQ)* – (Higher Education Personnel Improvement Coordination) for the granted master's scholarship and to the Professors José Carlos Leitão and Teresa Bento for their

collaboration in all the stages of the article, as well as for the final revision of the article

References

- Leyro TM, Babson KA, Bonn-Miller MO. Anxiety sensitivity in relation to sleep quality among HIV-infected individuals. *J Assoc Nurses AIDS Care.* 2014;25(6):638–45.
- Santos IK, Azevedo KPM, Melo FCM, Maia UMC, Medeiros HJ, Knackfuss MI. Ejercicios resistidos, parámetros hematológicos, virológicos y perfil antropométrico en personas que viven con VIH/SIDA. *Rev Andal Med Deporte.* 2016;9(3):110–3.
- De Cock KM, Jaffe HW, Curran JW. The evolving epidemiology of HIV/AIDS. *AIDS.* 2012;26(10):1205–13.
- Lazzarotto AR, Deresz LF, Sprinz E. HIV/AIDS e treinamento concorrente: a revisão sistemática. *Rev Bras Med Esporte.* 2010;16(2):149–54.
- Kramer S, Lazzarotto AR, Sprinz E, Manfro WC. Alterações metabólicas, terapia antirretroviral e doença cardiovascular em idosos portadores de HIV. *Arq Bras Cardiol.* 2009;93(5):561–8.
- De Oliveira B, De Martino MMF. Análise das funções cognitivas e sono na equipe de enfermagem nos turnos diurno e noturno. *Rev Gaúcha Enferm.* 2013;34(1):30–6.
- Seay JS, McIntosh R, Fekete EM, Fletcher MA, Kumar M, Schneiderman N, et al. Self-reported sleep disturbance is associated with lower CD4 count and 24-h urinary dopamine levels in ethnic minority women living with HIV. *Psychoneuroendocrinology.* 2013;38(11):2647–53.
- Gamaldo CE, Spira AP, Hock RS, Salas RE, McArthur JC, David PM, et al. Sleep, function and HIV: a multi-method assessment. *AIDS Behav.* 2013;17(8):2808–15.
- Cutrono SE, Lewis JE, Perry A, Signorile J, Tiozzo E, Jacobs KA. The effect of a Community-Based Exercise Program on Inflammation, Metabolic Risk, and Fitness Levels Among Persons Living with HIV/AIDS. *AIDS Behav.* 2015;20(5):1123–31.
- Yahiaoui A, McGough EL, Voss JG. Development of evidence-based exercise recommendations for older HIV-infected patients. *J Assoc Nurses AIDS Care.* 2012;23(3):204–19.
- Borges-Cosic M, Gallo FJ, Andrade A, Camiletti-Moirón D, Segura-Jiménez V, Ruiz-Cabello PR, et al. Effects of an exercise intervention on health-related quality of life and optimism in middle aged women: The FLAMENCO Project. *Rev Andal Med Deporte.* 2015;8(1):22.
- Chennaoui M, Arnal PJ, Sauvet F, Léger D. Sleep and exercise: a reciprocal issue. *Sleep Med Rev.* 2015;20:59–72.
- Chen T, Wu Z, Shen Z, Zhang J, Shen X, Li S. Sleep duration in Chinese adolescents: biological, environmental, and behavioral predictors. *Sleep Med.* 2014;15(11):1345–53.
- Reid KJ, Baron KG, Lu B, Naylor E, Wolfe L, Zee PC. Aerobic exercise improves self-reported sleep and quality of life in older adults with insomnia. *Sleep Med.* 2010;11(9):934–40.
- Scholten RJ, Clarke M, Hetherington J. The Cochrane Collaboration. *Eur J Clin Nutr.* 2005;59 Suppl. 1:S147–9 [discussion S195–6].
- Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health.* 1998;52(6):377–84.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Int J Surg.* 2010;8(5):336–41.
- Sandoval R, Gilkerson R. Management of sleep quality and pain in an individual living with HIV and hepatitis C coinfection using an activity monitor. *J Int Assoc Provid AIDS Care.* 2015;14(6):476–81.
- Wirth MD, Jagers JR, Dudgeon WD, Hébert JR, Youngstedt SD, Blair SN, et al. Association of markers of inflammation with sleep and physical activity among people living with HIV or AIDS. *AIDS Behav.* 2015;19(6):1098–107.
- Hudson AL, Portillo CJ, Lee KA. Sleep disturbances in women with HIV or AIDS: efficacy of a tailored sleep promotion intervention. *Nurs Res.* 2008;57(5):360–6.
- Webel AR, Moore SM, Hanson JE, Patel SR, Schmotzer B, Salata RA. Improving sleep hygiene behavior in adults living with HIV/AIDS: a randomized control pilot study of the System CHANGEM™-HIV intervention. *Appl Nurs Res.* 2013;26(2):85–91.
- Buysse DJ, Reynolds CF 3rd, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 1989;28(2):193–213.
- Oshinaike O, Akinbami A, Ojelabi O, Dada A, Dosunmu A, John Olabode S. Quality of sleep in an HIV population on antiretroviral therapy at an Urban Tertiary Centre in Lagos, Nigeria. *Neurol Res Int.* 2014;2014:298703.
- American College of Sports Medicine. Exercise prescription for other clinical populations. In: ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013. p. 226–72.
- Jabbari F, Dabaghzadeh F, Khalili H, Abbasian L. Associated factors of sleep quality in HIV-positive individuals. *Future Virol.* 2015;10(2):89–96.

Artigo original

Caracterização e influência dos indicadores de obesidade central, aptidão cardiorrespiratória e nível de atividade física sobre a pressão arterial de escolares



J.L. Naves da Silva^a, F. Lopes e Silva Junior^b, A. Pimentel Ferreira^{c,*} e H.G. Simões^b

^a Departamento de Educação Física, Universidade Estadual do Piauí, Teresina, PI, Brasil

^b Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF, Brasil

^c Faculdades Integradas Promove de Brasília / Faculdade ICESP - Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa - NIP, Brasília - DF, Brasil; Universidade Paulista - UNIP - Curso de Educação Física, Brasília - DF, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 27 de abril de 2014
Aceite a 11 de fevereiro de 2015
On-line a 6 de setembro de 2016

Palavras-chave:

Obesidade
Hipertensão arterial
Obesidade central
Escolares

R E S U M O

Objetivo: Verificar a associação dos indicadores de obesidade central, aptidão cardiorrespiratória e de nível de atividade física sobre a pressão arterial de escolares.

Método: Estudo epidemiológico realizado em 610 escolares, com idade de 8-12 anos. Foram avaliados: massa corporal, estatura, circunferência de cintura, índice de conicidade, razão cintura/estatura, nível de atividade física, aptidão cardiorrespiratória, pressão arterial e índice de massa corporal.

Resultados: O grupo de escolares apresentou pressão arterial sistólica e diastólica 104 ± 12 e 61 ± 8 mmHg, respectivamente; consumo máximo de oxigênio 38 ± 13 ml/kg/min e razão cintura/estatura 44 ± 5 cm. Escolares obesos apresentam 5 vezes mais chances de ser hipertensos OR = 5.2 (2.4-11.6).

Conclusão: Os escolares obesos, em especial a obesidade central, apresentam maiores razões de chances de serem hipertensos e com maior risco para os meninos. A razão cintura/estatura se mostrou válida para prever a hipertensão arterial em escolares.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Caracterización e influencia de los indicadores de obesidad central, aptitud cardiorrespiratoria y nivel de actividad física sobre la presión arterial de escolares

R E S U M E N

Objetivo: Comprobar la asociación de los indicadores de obesidad central, aptitud cardiorrespiratoria y de nivel de actividad física sobre la presión arterial de escolares.

Método: Estudio epidemiológico realizado en 610 escolares con edad de 8-12 años. Se evaluó: la masa corporal, la estatura, la circunferencia de la cintura, el índice de conicidad, el cociente cintura/estatura, el nivel de actividad física, la aptitud cardiorrespiratoria, la presión arterial y el índice de masa corporal.

Resultados: El grupo de escolares presentaron una presión arterial sistólica y diastólica de 104 ± 12 y 61 ± 8 mmHg, respectivamente, el consumo máximo de oxígeno de 38 ± 13 ml/kg/min y el cociente cintura/altura 44 ± 5 cm. Los escolares obesos tienen cinco veces más probabilidades de ser hipertensos OR = 5.2 (2.4-11.6).

Conclusión: Los escolares obesos y, en especial con obesidad central, presentan mayores probabilidades de ser hipertensos y con mayor riesgo para los chicos. El cociente cintura/altura resultó válido para predecir la hipertensión en los escolares.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: cidopimentel@yahoo.com.br (A. Pimentel Ferreira).

Characterization and influence of indicators of central obesity, fitness cardiorespiratory and level of physical activity on blood pressure of school

A B S T R A C T

Keywords:

Obesity
Arterial hypertension
Central obesity
Students

Objective: To verify the association of indicators of central obesity, cardiorespiratory fitness and physical activity on blood pressure in schoolchildren.

Method: An epidemiological study of 610 schoolchildren aged 8-12 years. Were assessed: body weight, height, waist circumference, conicity index, waist/height ratio, level of physical activity, cardiorespiratory fitness, blood pressure and body mass index.

Results: The school group had systolic and diastolic blood pressure 104 ± 12 and 61 ± 8 mmHg respectively, maximal oxygen consumption 38 ± 13 ml/kg/min and waist/height ratio 44 ± 5 cm. Schoolchildren obese have five times more likely to be hypertension OR = 5.2 (2.4 - 11.6).

Conclusion: Obese children and especially central obesity, have higher odds ratios of being hypertension and at higher risk for boys. The waist/height ratio proved valid to predict hypertension in school.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

A hipertensão arterial (HA) é considerada um problema de saúde pública, atingindo 25% da população adulta e ultrapassando os 50% em idosos¹. Ainda que predomine na população adulta e idosa, sua prevalência em crianças e adolescentes já é representativa²⁻⁴ e apresenta altas taxas que chegam a 12%⁵. Estudos têm demonstrado associação entre indicadores antropométricos, excesso de gordura, aptidão cardiorespiratória e sedentarismo com HA em crianças e adolescentes⁴⁻⁷.

Dentre os indicadores antropométricos para a avaliação da obesidade e sobrepeso em crianças, tanto a localização quanto a quantidade de gordura estão associadas com HA^{8,9}. As medidas da circunferência da cintura (CC) e a relação cintura/quadril (RCQ) são indicadores mais utilizados na mensuração da gordura distribuída na região central do corpo, porém, nos últimos anos, novos indicadores foram propostos para esta finalidade, como o índice de conicidade (IC) validado em homens adultos e a relação cintura/estatura (RCEst)², que parece estimar com mais especificidade a quantidade de gordura na região central, além de apresentar forte e positiva correlação com a HA⁸.

Neste sentido, a RCEst tem sido utilizada de forma eficiente em estudos populacionais de diferentes faixas etárias, uma vez que se baseia no pressuposto de que para determinada estatura existe um grau aceitável de gordura armazenada na porção central do corpo^{10,11}. Existem evidências de que a RCEst está associada com os fatores de risco cardiovasculares, inclusive com pontos de corte capazes de prever o risco em diferentes populações^{12,13}.

Outro indicador antropométrico que representa de maneira mais específica a gordura localizada na região central é o IC, uma vez que seus valores são determinados com base nas medidas de peso, estatura e CC, e apesar de ter sido inicialmente validado para homens adultos, também tem apresentado associação com fatores de risco cardiovascular em crianças⁵. Seu pressuposto teórico está baseado na ideia de que pessoas que acumulam gordura na região central do tronco apresentam forma parecida com um duplo cone, ou seja, 2 cones com uma base comum, dispostos um sobre o outro, enquanto aquelas com menor quantidade de gordura na região central teriam a aparência de um cilindro. Pitanga e Lessa¹² demonstraram que o IC é o indicador de obesidade central que melhor discrimina o elevado risco coronariano em pessoas do sexo masculino.

Adicionalmente, o nível de atividade física (NAF) e/ou a aptidão cardiorespiratória está associado com a presença da síndrome metabólica¹⁴ e com valores alterados de pressão arterial (PA)

em crianças e adolescentes, particularmente com a incidência de HA nesta faixa etária^{15,16}. Estudos epidemiológicos indicam que o sedentarismo, bem como os baixos níveis de aptidão cardiorespiratória, está entre as principais variáveis que apresentam associação com a PA elevada e a HA em crianças^{17,18}. Burgos et al.¹⁸ demonstraram que ocorre uma relação inversa entre os níveis de aptidão cardiorespiratória e os valores de PA, e, de acordo com Santos et al.¹⁷, um estilo de vida ativo com NAF mais elevado pode agir de maneira protetora contra a HA, preservando a saúde das crianças e adolescentes por meio de práticas saudáveis.

Embora a prevalência da HA em crianças e adolescentes seja baixa, evidências substanciais da genética e estudos epidemiológicos confirmam que as raízes da HA e sua trajetória final são definidas na primeira e segunda décadas de vida, uma vez que é nessa fase que os hábitos e costumes que serão praticados na vida adulta são adquiridos, sendo importante a sua identificação o quanto antes. Diante do exposto, e da carência de estudos envolvendo essa temática com amostra representativa na cidade de Teresina, o presente estudo tem como objetivo verificar a associação dos indicadores de obesidade central, NAF e aptidão cardiorespiratória sobre a PA de escolares.

Método

Estudo epidemiológico, de corte transversal, com base populacional, no qual a amostra foi obtida de forma randomizada e aleatória, adotando-se um intervalo de confiança de 95% para escolas públicas da rede municipal de Teresina, Piauí, Brasil. A amostra foi composta por 610 escolares, sendo 306 meninos e 304 meninas.

O termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi assinado pelos pais ou responsáveis de cada participante. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/FACIDE) sob o n.º 088/2010.

Foram adotados como critérios de inclusão amostral: estar na idade de interesse do estudo; estar matriculado numa das escolas selecionadas; aceitar fazer parte do estudo; estar presente no dia marcado para a realização dos testes; ter a autorização dos pais e não apresentar qualquer problema osteomuscular que comprometesse a realização dos testes.

A CC foi mensurada no ponto médio entre o último arco costal e a crista ilíaca, utilizando-se uma fita antropométrica flexível da marca Sanny (SANY, Brasil), com escala de 0.1 centímetros. A presença de obesidade central foi identificada quando o indivíduo apresentava CC maior que o percentil 75 para a sua idade e sexo.

A PA foi mensurada pelo método oscilométrico, com aparelho automático marca *Omron, modelo 742INT* (Omron Healthcare, China). A PA foi aferida com o avaliado em repouso, na posição sentada, braço apoiado e na altura do coração. As medidas de Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD) foram utilizadas para o cálculo da pressão arterial média (PAM) da fórmula: $PAM = PAD + (PAS - PAD)/3$.

Foram definidos como hipertensos aqueles voluntários que apresentaram valores médios de PAS e PAD superior ao percentil 95, levando em consideração sexo, idade e estatura.

O IC foi determinado por meio das medidas de CC e da estatura (ES), expressas em metros, e da MC, expresso em quilogramas sendo calculado por meio da seguinte equação matemática: $IC = CC/0.109 \sqrt{MC/ES}$. A razão cintura/estatura foi calculada pela divisão da CC pela ES.

O NAF dos alunos foi mensurado por meio do Questionário modificado de Estilo de Vida¹⁹. O instrumento permite levantar informações sobre aspectos demográficos (sexo e idade) e percepção de NAF, por meio de informações retrospectivas de autorrecordação. Para o cálculo, foi considerado o tipo de atividade física, intensidade do esforço físico (leve, moderado, vigoroso) e a frequência semanal. Para conversão das informações obtidas na atividade física em valores estimados de dispêndio energético, recorreu-se ao compêndio das atividades físicas proposto por Ainsworth et al.²⁰, que fornece informações sobre o gasto energético, em unidades do equivalente metabólico de trabalho (MET) para cada atividade específica. Estabeleceram-se pontos de corte por meio do escore geral obtido da soma total das atividades físicas, usando a classificação de quartis: fisicamente inativos, os escolares com escore abaixo do percentil 25; insuficientemente ativos, os com percentil entre 25–50; moderadamente ativos, os com percentil entre 50–75; e ativos, os com valores acima do percentil 75.

Para determinação da aptidão cardiorrespiratória foi aplicado o 20 metros *Shuttle Run Test*. Esse teste é realizado por meio de corridas progressivas de idas e voltas numa distância de 20 metros, delimitada por 2 cones em cada ponto. O ritmo é cadenciado por um CD gravado especialmente para este fim, que emite um sinal de «bip» que indica a velocidade a ser percorrida em cada estágio. A velocidade inicial do teste é de 8.5 km/h e os incrementos de 0.5 km/h a cada minuto, até à exaustão voluntária.

O consumo de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$) é calculado a partir do último estágio atingido pelo avaliado, utilizando-se a equação $y = 31.025 + 3.238 X - 3.248 A + 0.1536 AX$, onde: $y = VO_2$ em ml/kg/min; $X =$ velocidade em km/h (no último estágio atingido); $A =$ idade em anos. Essa fórmula é válida para crianças e adolescentes na faixa etária de 6-18 anos²¹.

Análise estatística

O tamanho da amostra foi estimado com base no método de cálculo «a priori», utilizando PAS e PAD como variáveis dependentes. Após o desenvolvimento de um estudo piloto, estimou-se um tamanho de efeito de 0.93 e 0.95 para a PAS e PAD, respectivamente. Portanto, com um alfa de 0.05 e um poder de 0.80 para um teste bicaudal, uma amostra de, pelo menos, 300 participantes por grupo de ativos e sedentários seria necessária para detectar uma diferença significativa entre os grupos de tratamento.

Inicialmente, foi verificada a normalidade dos dados após as estratificações dos grupos, utilizando-se o teste de *Shapiro-Wilk*, quando o grupo estratificado foi até 50 indivíduos, e *Kolmogorov-Smirnov*, quando o grupo foi superior a 50 indivíduos.

Foram utilizadas a estatística descritiva e medidas de frequência para verificar a prevalência da HA, NAF e classificação nutricional.

Para os dados contínuos, usaram-se os valores de média e desvio padrão. Foi utilizado o teste qui-quadrado (χ^2) para analisar as proporções entre os diferentes grupos.

Foi usado o teste *t* de *Student* para amostras independentes, para comparar as diferenças antropométricas, hemodinâmicas e de aptidão cardiorrespiratória, de acordo com o NAF e com a classificação nutricional. Para a análise dos pontos de corte dos indicadores antropométricos e de aptidão cardiorrespiratória estudados que pudessem identificar a HA, foi adotada a técnica das curvas *receiver operating characteristic* (ROC). O critério utilizado para aceitação de ponto de corte válido foi apresentar valores de sensibilidade e especificidade mais próximos entre si e não inferiores a 60%⁴.

Os modelos de regressão logística bivariada e multivariada foram utilizados para o cálculo do *odds ratio* (OR), e foram realizados os ajustes para variáveis antropométricas e de performance. Foi adotado o valor de $p \leq 0.05$ para apontar as diferenças estatisticamente significativas. Para a análise estatística, foi utilizado o *SPSS* para *Windows*, versão 18.0, e o programa *Statatm*, versão 9.1.

Resultados

A **tabela 1** apresenta os dados de PA, aptidão cardiorrespiratória e antropométrica de acordo com a classificação nutricional, estratificado em peso normal e baixo peso versus sobrepeso e obesidade.

Os valores médios de PAS, PAD e PAM ($p = 0.001$), e os valores percentuais de prevalência de HA ($p = 0.001$) foram menores no grupo de eutróficos (peso normal e baixo peso), quando comparado com o grupo de sobrepesados e obesos. Já aptidão cardiorrespiratória e NAF não apresentaram diferenças significativas entre os grupos.

A **tabela 2** apresenta os dados de PA, aptidão cardiorrespiratória e antropométricos de acordo com a classificação por NAF, estratificado em sedentários e insuficientemente ativos versus moderadamente ativos e ativos.

As variáveis hemodinâmicas, antropométricas e o $VO_{2máx}$ não diferiram entre os grupos formados por sedentários e insuficientemente ativos versus moderadamente ativos e ativos.

A **tabela 3** apresenta o OR das variáveis antropométricas, $VO_{2máx}$ e NAF para a HA para o grupo todo e para o grupo de meninas e meninos, separadamente.

Inicialmente, o sexo foi testado como modificador de efeito; contudo, apesar de não apresentar capacidade para mudança do

Tabela 1

Valores hemodinâmicos, antropométricos, nível de atividade física e aptidão cardiorrespiratória de acordo com a classificação nutricional

Variáveis	Peso normal e baixo peso (n = 512)	Sobrepeso e obesidade (n = 98)
PAS (mmHg)	102 ± 11*	112 ± 12
PAD (mmHg)	58 ± 7*	65 ± 7
PAM (mmHg)	73 ± 8*	81 ± 8
$VO_{2máx}$ (ml/kg/min)	38 ± 15	38 ± 12
NAF (kcal/sem)	677 ± 291	660 ± 306
CC (cm)	60 ± 5*	76 ± 9
MC (kg)	28 ± 17*	45 ± 19
IMC (kg/m ²)	16 ± 1.8*	23 ± 3
ES (cm)	144 ± 10*	148 ± 9
IC	1.15 ± 0.6*	1.19 ± 0.7
RCEst (cm)	0.42 ± 0.03*	0.51 ± 0.05
Prevalência HA	4.3%	20.4%

PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica, PAM: Pressão Arterial Média; $VO_{2máx}$: consumo de oxigênio máximo; NAF: nível de atividade física; CC: circunferência da cintura; MC: massa corporal; IMC: índice de massa corporal; ES: estatura; IC: índice de conicidade; RCEst: relação cintura/ estatura; HA: hipertensão arterial.

* Diferença significativa, $p < 0.05$.

Tabela 2

Valores hemodinâmicos, antropométricos, aptidão cardiorrespiratória e NAF, de acordo com a classificação por nível de atividade física

Variáveis	Sedentários e insuficientemente ativos (n = 309)	Moderadamente ativos e ativos (n = 301)
PAS (mmHg)	104 ± 12	103 ± 11
PAD (mmHg)	60 ± 7	59 ± 8
PAM (mmHg)	74 ± 8	73 ± 8
VO ₂ máx (ml/kg/min)	37 ± 15	39 ± 15
NAF (kcal/sem)	440 ± 143*	914 ± 200
CC (cm)	63 ± 8	62 ± 9
MC (kg)	30 ± 16	31 ± 20
IMC (kg/m ²)	17 ± 33	17 ± 32
ES (cm)	145 ± 10	144 ± 10
IC	1.16 ± 0.05	1.16 ± 0.08
RCEst (cm)	44 ± 5	43 ± 5
Prevalência de HA	7.1%	6.6%

PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica; PAM: Pressão Arterial Média; VO₂máx: consumo de oxigênio máximo; NAF: nível de atividade física, CC: circunferência da cintura; MC: massa corporal; IMC: índice de massa corporal; ES: estatura; IC: índice de conicidade; RCEst: relação cintura/ estatura; HA: hipertensão arterial.

* p < 0.05.

efeito, optou-se por analisar o grupo total e por extratos masculino e feminino, devido a grande alteração de razão de chance quando comparado os 2 estratos, particularmente em relação a obesidade e sobrepeso, na CC da cintura, na RCEst e no IC.

Os dados mostram que os escolares classificados como obesos apresentam 5 vezes mais chances de ser hipertensos. As variáveis representativas da obesidade central (CC, RCEst e IC) apresentaram razão de chance de 6.82, 6.5 e 2.75 vezes mais chances, respectivamente, de apresentar HA para o grupo todo. Pode-se observar nestas variáveis que, quando analisados separadamente entre meninos e meninas, os marcadores de obesidade central apresentam maior risco nos meninos. Por outro lado, o VO₂máx e o NAF não apresentaram risco, nem proteção para a HA.

A [figura 1](#) mostra as curvas ROC para as variáveis antropométricas e de aptidão cardiorrespiratória, e sua habilidade para prever a HA.

A RCEst foi a única variável que, de acordo com os critérios estatísticos adotados, mostrou ser válida, uma vez que as demais variáveis apresentaram limite inferior do intervalo de confiança menor que 0.50, e/ou valores de sensibilidade e especificidade menores que 60%.

Tabela 3

Odds Ratio para hipertensão arterial para o grupo total e estratificado por sexo

	HA – total (n = 610)	HA – meninos (n = 306)	HA – meninas (n = 304)
Obesidade	5.2 (2.4-11.6)*	5.5 (1.7-18.1)*	5.4 (1.9-15.1)*
Obesidade e sobrepeso	5.7 (2.9-10.5)*	7.8 (2.8-21.9)*	4.6 (2.1-10.5)*
Sedentarismo	1.07 (0.53-2.19)	0.7 (0.19-2.21)	1.5 (0.6-3.5)
Sedentários e insuficientemente ativos	1.07 (0.57-2.01)	1.5 (0.5-4.1)	0.9 (0.4-1.9)
Mulher	1.86 (0.97-3.6)	-	-
Cintura > P90	6.82 (3.4-13.6)*	12.6 (4.4-36.6)*	4.7 (1.9-11.7)*
IC > P90	2.75 (1.28-5.88)*	5.4 (1.9-15.5)*	1.7 (0.6-5.1)
RCEst > P90	6.5 (3.3-12.9)*	8.5 (2.9-24.4)*	5.8 (2.4-14.3)*
VO ₂ máx > P90	0.4 (0.09-1.7)	1	1
NAF > P90	0.94 (0.3-2.7)	0.6 (0.1-3.7)	1.2 (0.4-4.1)

IC: índice de conicidade; RCEst: relação cintura/ estatura; VO₂máx: consumo de oxigênio máximo; NAF: nível de atividade física.

* p < 0.05.

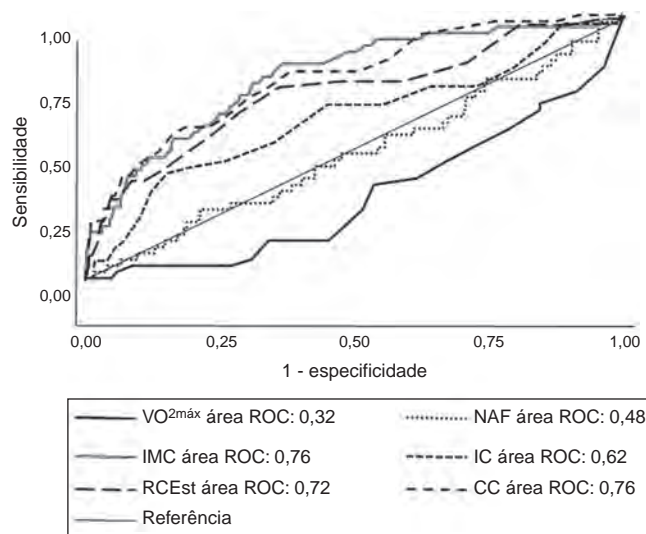


Figura 1. Curva ROC dos indicadores antropométricos e de aptidão cardiorrespiratória como preditores da HA.

VO₂máx: consumo de oxigênio máximo; NAF: nível de atividade física, CC: circunferência da cintura; IMC: índice de massa corporal; IC: índice de conicidade; RCEst: relação cintura/ estatura; HA: hipertensão arterial.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo verificar a associação dos indicadores de obesidade central, NAF e aptidão cardiorrespiratória sobre a PA de escolares. Nesse sentido, nossos resultados demonstraram que a RCEst foi a única variável com capacidade preditiva para a HA na amostra do presente estudo, de acordo com os critérios estabelecidos, apresentando ainda a partir da regressão logística, razão de chances de 6.5 para a amostra total, de 8.5 para os meninos e 5.8 para as meninas de apresentarem HA; ou seja, meninos e meninas com RCEst acima do percentil 90 apresentam 6.5 e 8.5 vezes mais chances de apresentarem HA, respectivamente. Tais resultados contradizem o estudo de Moser et al.²² realizado em escolares de Curitiba, no qual não houve associação entre a RCEst e a HA. Contudo, corrobora os achados de Beck et al.²³, nos quais foram encontrados valores nas áreas sob a curva ROC de 0.77 para moças e 0.93 rapazes, demonstrando que a RCEst apresenta boa capacidade preditiva para a HA. Adicionalmente, este mesmo estudo mostrou que os indicadores IC e CC foram bons preditores da HA.

No presente estudo, a CC apresentou associação positiva com a HA; porém, os valores de OR demonstraram que a razão de chances dos adolescentes apresentarem HA foi maior para o sexo masculino, com 12.6 mais chances, contra 4.7 do sexo feminino, corroborando com Stabelini Neto et al.²⁴, que encontraram razões de chance de 5.9 para os meninos, contra 2.5 das meninas apresentarem HA. A despeito dessa diferença entre os sexos, pode estar havendo interferência da estatura.

Entre os estudos realizados nos últimos anos relacionados ao tema do presente estudo, parece haver uma maior tendência a favor de variáveis representativas do acúmulo de gordura na região central do corpo em apresentarem maior associação com a HA^{8,25}, o que valoriza os indicadores antropométricos CC, IC e RCEst. Variáveis como a IC e a RCEst, que pressupõem que para determinada estatura existe um grau aceitável de gordura armazenada na região central do corpo, ganham maior evidência e apresentam forte correlação com os fatores de riscos cardiovasculares, entre eles a HA^{8,23}, inclusive se apresentando como um indicador simples e efetivo para ser usado tanto em adultos, quanto em crianças.

Apesar da associação entre HA e obesidade, especialmente a obesidade central, estar bem estabelecida, os mecanismos fisiológicos que explicam a sua patogênese ainda não estão completamente esclarecidos. Todavia, vários mecanismos têm sido propostos, como a hipervolemia, levando ao aumento do débito cardíaco e redução da resistência vascular periférica; maior estimulação do sistema renina-angiotensina-aldosterona; aumento na resistência à insulina e a composição dos lipídios circulantes²⁶. Adicionalmente, Suplicy et al. afirmam que as células adiposas são verdadeiros órgãos dotados de intensa atividade endócrina e metabólica, e, num estudo de revisão bibliográfica, apresentam a participação do tecido adiposo visceral na gênese da hipertensão e doença cardiovascular aterogênica, apresentando outros mecanismos que podem explicar a associação entre a obesidade central e a HA. Destaque para a expressão da leptina e a participação ativa do tecido adiposo no controle do dispêndio energético e do apetite, através de seus efeitos sobre o sistema nervoso simpático e função cardiovascular; aumento da liberação do inibidor do ativador de plasminogênio 1 (PAI-1); elevação do angiotensinogênio que apresenta seus níveis séricos elevados na obesidade devido à sua maior síntese pelos adipócitos, o que geraria mais angiotensina II e elevação da PA, seja pelos efeitos diretos do peptídeo sobre o rim, ou pela ativação simpática; aumento da secreção de citocinas atuantes em mecanismos responsáveis pela sensibilidade à insulina, como é o caso do fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e moléculas de sinalização, recentemente identificadas, como a resistina e a adiposina – proteína estimuladora da acilação (*acylation stimulating protein* [ASP])²⁷.

O NAF e o VO_{2máx} não apresentaram associação e capacidade preditiva com a HA no presente estudo, o que corrobora outro estudo²⁸. Por outro lado, outros estudos^{18,24} revelam correlação positiva e significativa entre a quantidade de escolares classificados como normotensos e o NAF, ao mesmo tempo em que se observa aumento de crianças classificadas como limitrofes e hipertensas à medida que piora o NAF. Todavia, os motivos pelos quais uma possível associação entre PA e capacidade cardiorrespiratória em adolescentes ainda não está clara, e possíveis divergências encontradas na literatura podem estar relacionadas a questões metodológicas²⁸.

É importante que mais estudos nesta área sejam realizados, preferencialmente estudos longitudinais, uma vez que existe uma lacuna na literatura em relação a entender a associação entre as variáveis estudadas no presente estudo e a PA em estudos longitudinais; uma vez que políticas de saúde e de acompanhamento poderão ser implementadas, a fim de melhorar e evitar problemas de saúde que apresentam a sua origem na infância. Todavia, apesar de não termos conhecimento de estudos desta natureza na literatura realizados em Teresina, podemos ter uma estimativa desse contexto ao analisarmos os resultados do estudo de Martins et al.²⁹, que avaliou o estado nutricional, o NAF e os níveis de PA de estudantes da Universidade Federal do Piauí, em Teresina, e encontrou prevalência de PA aumentada em 9.7% dos universitários, além do sedentarismo em 52% da amostra. Ademais, perceberam a PAM se correlacionando significativamente com o IMC e CC.

Uma limitação do presente estudo foi a não mensuração da maturação sexual, uma vez que, apesar dos estudantes se apresentarem dentro de uma faixa etária com idades semelhantes, diferentes estágios púberes poderiam ter sido encontrados, o que poderia alterar os resultados, caso as análises fossem realizadas de acordo com o estágio de maturação sexual.

Em conclusão, os dados do presente estudo mostram que crianças que apresentam obesidade, e em especial a obesidade central, apresentam maiores razões de chances de ser hipertensas e com maior risco para os meninos. Os valores de PA sistólica, diastólica e média, bem como os valores percentuais de prevalência de HA, foram menores no grupo de eutróficos. Destacando ainda que a RCEst foi a única variável que, de acordo com os critérios

estatísticos adotados, mostrou ser válida para prever a HA nos sujeitos desse estudo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Bibliografia

- Alwan H, Pruijm M, Ponte B, Ackermann D, Guessous I, Ehret G, et al. Epidemiology of masked and white-coat hypertension: The family-based SKIPOGH Study. *PLoS One*. 2014;9(3):e92522.
- Ferreira A, Oliveira C, França N. Metabolic syndrome and risk factors for cardiovascular disease in obese children: The relationship with insulin resistance (HOMA-IR). *J Pediatr (Rio J)*. 2007;83(1):21–6.
- Ferreira A, Nóbrega OT, França N. Association of body mass index and insulin resistance with metabolic syndrome in Brazilian children. *Arq Bras Cardiol*. 2009;93(2):147–53.
- Ferreira AP, Ferreira CB, Brito CJ, Pitanga FJ, Moraes CF, Naves LA, et al. [Prediction of metabolic syndrome in children through anthropometric indicators]. *Arq Bras Cardiol*. 2011.
- Moreira NF, Muraro AP, Brito Fdos S, Gonçalves-Silva RM, Sichieri R, Ferreira MG. [Obesity: Main risk factor for systemic arterial hypertension in Brazilian adolescents from a cohort study]. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2013;57(7):520–6.
- Ribeiro RQ, Lotufo PA, Lamounier JA, Oliveira RG, Soares JF, Botter DA. [Additional cardiovascular risk factors associated with excess weight in children and adolescents: The Belo Horizonte heart study]. *Arq Bras Cardiol*. 2006;86(6):408–18.
- Stabelini Neto A, Bozza R, Ulbrich AZ, Vasconcelos IQ, Mascarenhas LP, Boguszewski MC, et al. [Atherosclerotic risk factors associated with cardiorespiratory fitness and BMI in adolescents]. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2008;52(6):1024–30.
- Haun DR, Pitanga FJ, Lessa I. [Waist-height ratio compared to other anthropometric indicators of obesity as predictors of high coronary risk]. *Rev Assoc Med Bras*. 2009;55(6):705–11.
- Bamoshmoosh M, Massetti L, Aklan H, Al-Karewany M, Goshae HA, Modesti PA. Central obesity in Yemeni children: A population based cross-sectional study. *World J Cardiol*. 2013;5(8):295–304.
- Odagiri K, Mizuta I, Yamamoto M, Miyazaki Y, Watanabe H, Uehara A. Waist to height ratio is an independent predictor for the incidence of chronic kidney disease. *PLoS One*. 2014;9(2):e88873.
- Hori A, Nanri A, Sakamoto N, Kuwahara K, Nagahama S, Kato N, et al. Comparison of body mass index, waist circumference, and waist-to-height ratio for predicting the clustering of cardiometabolic risk factors by age in Japanese workers—Japan Epidemiology Collaboration on Occupational. *Circ J*. 2014.
- Pitanga FJ, Lessa I. [Waist-to-height ratio as a coronary risk predictor among adults]. *Rev Assoc Med Bras*. 2006;52(3):157–61.
- Ashwell M, Hsieh SD. Six reasons why the waist-to-height ratio is a rapid and effective global indicator for health risks of obesity and how its use could simplify the international public health message on obesity. *Int J Food Sci Nutr*. 2005;56(5):303–7.
- Boddy LM, Murphy MH, Cunningham C, Breslin G, Fowweather L, Gobbi R, et al. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and clustered cardiometabolic risk in 10- to 12-year-old school children: The REACH Y6 study. *Am J Hum Biol*. 2014.
- Gaya AR, Silva P, Martins C, Gaya A, Ribeiro JC, Mota J. Association of leisure time physical activity and sports competition activities with high blood pressure levels: Study carried out in a sample of Portuguese children and adolescents. *Child Care Health Dev*. 2011;37(3):329–34.
- Sun C, Pezic A, Tikellis G, Ponsonby AL, Wake M, Carlin JB, et al. Effects of school-based interventions for direct delivery of physical activity on fitness and cardiometabolic markers in children and adolescents: A systematic review of randomized controlled trials. *Obes Rev*. 2013;14(10):818–38.
- Santos MG, Pegoraro M, Sandrini F, Macuco EC. Risk factors for the development of atherosclerosis in childhood and adolescence. *Arq Bras Cardiol*. 2008;90(4):276–83.
- Burgos MS, Reuter CP, Burgos LT, Pohl HH, Pauli LT, Horta JA, et al. [Comparison analysis of blood pressure, obesity, and cardio-respiratory fitness in schoolchildren]. *Arq Bras Cardiol*. 2010;94(6):788–93.
- Barros M, Nahas M. Medidas da atividade física: teoria e aplicação em diversos grupos populacionais. 1 editor Londrina: Midiograf; 2003.
- Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32 9 Suppl:S498–504.
- Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6(2):93–101.
- Moser DC, Giuliano IEC, Titski AC, Gaya AR, Coelho-e-Silva MJ, Leite N. Anthropometric measures and blood pressure in school children. *J Pediatr (Rio J)*. 2013;89(3):243–9.
- Beck CC, Lopes AAS, Pitanga FJ. Anthropometric indicators as predictors of high blood pressure in adolescents. *Arq Bras Cardiol*. 2011;96(2):126–33.
- Stabelini Neto A, Bozza R, Ulbrich AZ, Vasconcelos IQA, Mascarenhas LPG, Boguszewski MCS, et al. Fatores de Risco para Aterosclerose Associados à Aptidão Cardiorrespiratória e ao IMC em Adolescentes. *Rev Bras Hipertens*. 2008;59–64.

25. Christofaro DG, Ritti-Dias RM, Fernandes RA, Polito MD, Andrade SM, Cardoso JR, et al. High blood pressure detection in adolescents by clustering overall and abdominal adiposity markers. *Arq Bras Cardiol.* 2011;96(6):465–70.
26. Suplicy HL. Obesidade visceral, resistência à insulina e hipertensão arterial. *Revista Brasileira de Hipertensão.* 2000;7(2):136–41.
27. Barroso SG, Abreu VGD, Francischetti EA. A participação do tecido adiposo visceral na gênese da hipertensão e doença cardiovascular aterogênica. Um conceito emergente. *Arq Bras Cardiol.* 2002;78(6):618–30.
28. Rodrigues AN, Perez AJ, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. The association between cardiorespiratory fitness and cardiovascular risk in adolescents. *J Pediatr (Rio J).* 2007;83(5):429–35.
29. Martins M, Ricarte I, Rocha C, Maia R, Silva V, Veras A, et al. Pressão Arterial, Excesso de Peso e Nível de Atividade Física em Estudantes de Universidade Pública. *Arq Bras Cardiol.* 2010:8.



Revisión

La fatiga como estado motivacional subjetivo



D. Cárdenas^{a,*}, J. Conde-González^b y J.C. Perales^c

^a Facultad de Ciencias del Deporte, Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de Granada, Granada, España

^b Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

^c Facultad de Psicología, Departamento de Psicología Experimental, Universidad de Granada, Granada, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 30 de junio de 2015

Aceptado el 21 de abril de 2016

On-line el 6 de septiembre de 2016

Palabras clave:

Fatiga

Motivación

Carga mental

Entrenamiento

Keywords:

Fatigue

Motivation

Mental workload

Training

R E S U M E N

Actualmente no existe consenso sobre los factores que determinan la aparición de la fatiga. Hay factores que se derivan exclusivamente del esfuerzo físico, otros que dependen del esfuerzo mental que este lleva aparejado, y otros de los resultados de la tarea que se está realizando. Como consecuencia, se han desarrollado diferentes modelos explicativos que pretenden aunar las diferentes razones de su aparición.

No obstante, la tendencia actual es entender la fatiga como un estado motivacional complejo cuyo origen tiene lugar en numerosos procesos fisiológicos y psicológicos que sirven para regular el esfuerzo y proteger al organismo de daños graves. Los objetivos de la presente revisión narrativa son analizar los diferentes enfoques existentes para el estudio y la explicación de la fatiga, establecer el vínculo con el concepto de carga de entrenamiento y justificar la importancia de evaluar las repercusiones de la carga mental para conseguir una adecuada planificación y control del proceso de entrenamiento.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fatigue as a subjective motivational state

A B S T R A C T

There is currently no consensus on the factors that determine the onset of fatigue. There are some factors that are derived exclusively from the physical effort, others that depend on the mental effort due to physical effort, and some others on the feedback provided by the task being performed. As a result, we have developed different explanatory models that seek to combine the different reasons for its occurrence.

Nevertheless, the current trend is to understand fatigue as a complex motivational state whose origin occurs in many physiological and psychological processes that serve to regulate the effort and protect the body from serious damage. The aims of this narrative review are to analyze the different existing approaches to the study and explanation of fatigue, establish the link with the concept of training load and justify the importance of evaluating the impact of mental load to achieve a proper planning and a training process control.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia. Carretera de Alfacar, s/n. 18011 Granada, España.
Correio electrónico: dcarden@ugr.es (D. Cárdenas).

A fadiga como um estado motivacional subjetivo

R E S U M O

Palavras-chave:
Fadiga
Motivação
Carga mental
Treinamento

Atualmente não existe consenso sobre os fatores que determinam o aparecimento da fadiga. Existem fatores que são derivados exclusivamente do esforço físico, outros que dependem do esforço mental que ela traz, e outros resultados da tarefa executada. Como consequência, tem-se desenvolvido diferentes modelos explicativos que procuram combinar as diferentes razões para a sua ocorrência.

No entanto, a tendência atual é entender a fadiga como um estado motivacional complexo, cuja origem ocorre em muitos processos fisiológicos e psicológicos que servem para regular o esforço e proteger o corpo de danos graves. Os objetivos da presente revisão narrativa são analisar as diferentes abordagens existentes para o estudo e explicação da fadiga, estabelecer a ligação com o conceito de carga de treinamento e justificar a importância de se avaliar o impacto da carga mental para alcançar um planejamento adequado e controle de processo de treinamento.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En el lenguaje coloquial, el término «fatiga» se utiliza para referirse a la sensación de cansancio tras un esfuerzo, que puede ser de diversa naturaleza y genera desmotivación para la continuación de ese esfuerzo, ya sea este intelectual, laboral o deportivo. Desgraciadamente, no existe una definición universalmente aceptada de fatiga¹, lo que hace que su naturaleza se presente conceptualmente compleja y ambigua.

La fatiga puede ser consecuencia de un esfuerzo físico o mental. Esta revisión se centrará en la fatiga como estado resultante de la práctica de una actividad físico-deportiva en la que habitualmente ambos tipos de esfuerzo están presentes y se asocia a la carga de entrenamiento (estímulo de entrenamiento que genera una ruptura de la homeostasis del organismo y provoca la activación de los mecanismos alostáticos que permiten recuperar el estado de equilibrio funcional).

Los factores que contribuyen a la fatiga resultante de la actividad física se derivan no solo del esfuerzo físico, sino también de la carga mental concomitante y de los resultados de la tarea que se está realizando²⁻⁴. Entre los factores de naturaleza fisiológica que han sido investigados en relación con la fatiga destacan el rendimiento cardiovascular, la oclusión vascular muscular, la eficiencia en la utilización del oxígeno y nutrientes, la fatiga neuromuscular, y la presencia de metabolitos en el medio interno. Además en este proceso intervienen factores directamente implementados en el sistema nervioso central (SNC) que sirven para regular el esfuerzo y proteger al organismo de los daños que pudieran producirse por un sobreesfuerzo². No obstante, la fatiga también se deriva de la actividad de naturaleza táctica propia de los deportes de interacción motriz, en los que el deportista invierte un esfuerzo: por un lado cognitivo para la toma de decisiones y por otro conducente a la autorregulación emocional. En este contexto, la carga mental, como elemento que puede incidir en la fatiga, se ha convertido en un área de investigación de importancia innegable⁴. En tal caso, la fatiga no determina la incapacidad para continuar la actividad deportiva, sino para hacerlo manteniendo un nivel de rendimiento óptimo.

Aunque la experimentación sobre los factores que influyen en la aparición de la fatiga apunta a modelos multicausales, en la literatura científica se aprecia una sobrerrepresentación de los mecanismos fisiológicos y biomecánicos, en detrimento de los precedentes de la psicología o de las neurociencias, por lo que una revisión actualizada de estos aspectos resulta muy pertinente.

Los objetivos de esta revisión han sido analizar las diferentes definiciones de fatiga, los mecanismos que contribuyen a su aparición, defender el concepto de fatiga como un estado motivacional subjetivo que cumple una función protectora del organismo y justificar la necesidad de considerar el impacto mental de la carga de entrenamiento en la planificación y la práctica deportivas.

Conceptos de fatiga y mecanismos que contribuyen a su aparición

La naturaleza multicausal de la fatiga ha sido objeto de estudio de la biomecánica, la fisiología y la psicología, abarcando las 2 primeras su naturaleza objetiva y la última su naturaleza subjetiva y mental⁵. Esta división del estudio de la fatiga ha generado definiciones diversas y no siempre compatibles².

El enfoque fisiológico define la fatiga como un fallo funcional del organismo que se refleja en una disminución del rendimiento⁶ y que se origina generalmente por excesivo gasto de energía o por depleción de los elementos necesarios para su generación⁷. En este sentido, la mayoría de investigaciones se centran en aspectos musculares, entendiendo la fatiga como una pérdida de la capacidad máxima de generar fuerza^{8,9} o una pérdida de la producción de potencia¹⁰. No obstante, la explicación fisiológica de la fatiga va más allá de estos aspectos, siendo necesario considerar también el efecto que el ejercicio produce sobre las unidades motoras, el medio ambiente interno y el SNC.

López-Chicharro y Fernández-Vaquero¹¹ entienden que la fatiga puede resultar de la alteración de cualquiera de los procesos de los que depende la contracción muscular y aparecer como consecuencia de la alteración simultánea de varios de estos procesos. Este enfoque también lo comparten autores como Barbany¹², quien distingue entre la fatiga fruto de un fallo en la activación central y la fatiga periférica.

Los mecanismos centrales y periféricos se han estudiado generalmente de forma aislada, asumiendo que su combinación se produce de forma lineal, lo que probablemente ha producido sesgos en la interpretación de los datos y en las conclusiones obtenidas. Abbiss y Laursen² han realizado una completa revisión de estos modelos, entre los que se incluyen: el modelo cardiovascular/anaeróbico, el de suministro/agotamiento de energía, el neuromuscular, el del trauma muscular, el biomecánico, el de termorregulación y, finalmente, el modelo motivacional/psicológico, que se centra en la influencia de factores de carácter intrapsicológico, como las expectativas de rendimiento o de esfuerzo requerido.

Tabla 1
Posibles mecanismos fisiológicos de la fatiga periférica

	Fatiga periférica
Cambios ocasionados por el ejercicio físico en el medio interno	Cambios ocasionados por el ejercicio físico en las fibras musculares
Acumulación de lactato e iones de hidrógeno Acumulación de amoníaco Acumulación de calor que lleva a un incremento de la secreción de sudor, y por tanto a una pérdida de agua que puede llevar a una deshidratación	Acumulación de fosfato inorgánico en el sarcoplasma Acumulación de H ⁺ en el sarcoplasma Inhibición de la liberación de Ca ²⁺ del retículo sarcoplásmico por acumulación de fosfato inorgánico Acumulación de iones Mg ²⁺ en el sarcoplasma Disminución de las reservas de glucógeno y (en casos extremos) disminución de los niveles de glucosa en sangre Disminución de la velocidad de conducción del potencial de acción a lo largo del sarcolema, probablemente como resultado de los cambios bioquímicos asociados al ejercicio en y alrededor de las fibras musculares Incremento del flujo de iones de potasio desde las fibras musculares

Fuente: adaptado de Ament y Verkerke⁵.

Mecanismos fisiológicos periféricos

Los mecanismos fisiológicos periféricos son los que comprometen y limitan la contracción muscular más allá de la placa motora, afectando al funcionamiento del sarcolema o a cualquiera de los procesos que acontecen en el interior de las fibras musculares.

Los posibles mecanismos fisiológicos que surgen de este nivel son resumidos por autores como Ament y Verkerke⁵ y se muestran en la [tabla 1](#).

Cambios ocasionados por el ejercicio físico en el medio interno

Uno de los factores limitantes del ejercicio físico es la concentración de lactato en sangre. Esta concentración experimenta un incremento acelerado a partir de un nivel determinado de carga, al que se denomina «umbral de lactato»¹³. Normalmente se considera el umbral el punto a partir del cual la concentración de lactato supera los 4 mmol/l¹⁴. Tal como recogen Ament y Verkerke⁵, es bien sabido que el tiempo que los sujetos son capaces de mantener la actividad con cargas por encima del umbral, antes de que aparezca una sensación elevada de fatiga, es muy reducido, produciéndose un incremento del cociente respiratorio durante la última etapa del ejercicio. Esto sucede al 50–60% del VO_{2máx} en personas no entrenadas y al 70–80% del VO_{2máx} en las entrenadas^{15–17}.

El aumento de la concentración de ácido láctico significa un incremento de iones H⁺ por la generación extra de CO₂ y, por tanto, un descenso del pH. Igualmente se produce un incremento del amoníaco en sangre. La presencia de estos metabolitos se ha asociado al incremento de la sensación de fatiga.

Finalmente, una gran parte de la energía metabólica durante el ejercicio se convierte en calor¹⁸, que conlleva un aumento de la sudoración y puede concluir en una deshidratación. Este calor es el responsable del aumento de la temperatura corporal central, que a su vez repercute en una reducción del impulso motor del SNC durante el ejercicio. Algunos autores, como Nielsen o Nybo^{19,20}, consideran como factor limitante fundamentalmente la temperatura alcanzada por el cerebro.

Cambios ocasionados por el ejercicio físico en las fibras musculares

En los ejercicios con intensidades por debajo del umbral de acumulación de lactato el único factor limitante parece ser la disponibilidad de glucosa, y el esfuerzo puede ser mantenido por un tiempo prolongado. Durante el ejercicio, el glucógeno intracelular se reduce progresivamente, lo que conlleva un incremento gradual del consumo de glucosa en sangre, hasta el punto en que este es mayor que la disponibilidad²¹.

Por otro lado, la acumulación de fosfato inorgánico (P_i) produce un deterioro de la fuerza de contracción isométrica^{22,23} y reduce la regeneración de las enzimas que hidrolizan el adenosín trifosfato

Tabla 2
Posibles mecanismos fisiológicos de la fatiga central

Fatiga central
La conducción del potencial de acción del axón puede bloquearse en la ramificación axonal, lo que lleva a una pérdida de la activación de la fibra muscular
La unidad motora neuronal podría estar influenciada por reflejos aferentes musculares
La estimulación de los nervios tipo III y IV induce una disminución de la tasa de excitación de la neurona motora y una inhibición de la corteza motora de salida
La excitabilidad de las células en la corteza motora cerebral puede cambiar durante el curso de la tarea motora mantenida
Los efectos sinápticos de las neuronas serotoninérgicas podrían llegar a ser mayores, provocando un aumento en la sensación de cansancio y fatiga
El ejercicio induce la liberación de citocinas

Fuente: adaptado de Ament y Verkerke⁵.

(ATPasa) en los miofilamentos²⁴. En un estudio en el que los participantes realizaban contracciones isocinéticas, Potma y Stienen²⁵ observaron que el incremento de P_i también inducía un descenso de la regeneración de ATPasa.

Otro de los cambios observados, el que se refiere a la concentración de adenosín difosfato (ADP), se asocia con un incremento de la producción de fuerza (tensión isométrica) y una reducción de la velocidad del ciclo de los puentes cruzados^{26,27}.

La caída de la fuerza de contracción muscular se asocia a la inhibición de la liberación de Ca²⁺ del retículo sarcoplásmico a consecuencia del descenso de la velocidad de conducción del potencial de acción a lo largo del sarcolema y la acumulación de P_i⁵. Además, el incremento de la concentración de iones de Mg²⁺ en el sarcoplasma durante el ejercicio físico aumenta el efecto inhibitorio de P_i²⁸.

Otro de los factores asociados a la fatiga periférica es el incremento del flujo de iones de potasio (K⁺) desde las fibras musculares. El incremento de K⁺ en la cavidad de los túbulos T conduce a un bloqueo del potencial de acción tubular y, por lo tanto, a una caída del acoplamiento contracción–excitación⁵.

Mecanismos fisiológicos centrales

La fatiga central aparece cuando se altera alguno o varios de los procesos que intervienen desde que se elabora la orden motora a nivel cortical hasta que el estímulo llega al sarcolema¹¹. Al igual que con la fatiga periférica, Ament y Verkerke⁵ exponen un resumen de los posibles mecanismos fisiológicos de este tipo de fatiga ([tabla 2](#)).

Mecanismos psicológicos

Si se consideran solo los factores exclusivamente fisiológicos, aunque se incluyan tanto los centrales como los periféricos, el enfoque explicativo de la fatiga sigue siendo excesivamente reduccionista. Para autores como Kayser²⁹ hay situaciones experimentales en las que no es posible explicar los límites de la resistencia con el paradigma clásico. Sirva como ejemplo los participantes sedentarios que cesan de manera voluntaria la realización de una prueba de esfuerzo incremental, fruto de la percepción de agotamiento, pese a no haber alcanzado el límite de su capacidad metabólica máxima y no existir evidencia de fatiga muscular. En estos casos se hace necesario, por tanto, buscar una alternativa explicativa³⁰⁻³². Este es uno de los ejemplos que dejan evidencia de la diferencia entre la fatiga fisiológica y la percepción subjetiva de la fatiga acumulada, pese a que entre ambas la relación es estrecha, en tanto que la primera condiciona la aparición de la segunda, pero no la determina.

Actualmente algunos fisiólogos, como López-Chicharro y Fernández-Vaquero¹¹, ya hablan de la existencia de una fatiga de carácter subjetivo que es percibida por el participante gracias a la información sensorial que recibe e integra el SNC. Existe pues una sensación de fatiga fruto de la capacidad del ser humano para elaborar un constructo mental que resulta de la combinación de múltiples factores neurofisiológicos y neuropsicológicos. Entre los primeros se incluyen las características del ejercicio, la información sensorial (proporcionada por los propioceptores, los termorreceptores, los nocioceptores y los receptores de presión), los factores metabólicos, la temperatura corporal, el equilibrio ácido-base, los gases sanguíneos, el esfuerzo respiratorio y cardiovascular, la respuesta neuroendocrina al esfuerzo y la respuesta del SNC. Por otra parte, los factores psicológicos son: la expectativa del rendimiento (predicción basada en la memoria acerca de la fuerza o potencia muscular que se debería ser capaz de desarrollar), el grado de activación y *arousal*³³, la motivación y el estado anímico. Esto lleva a la necesidad de asumir que un mismo nivel de fatiga objetiva puede originar sensaciones de fatiga diferentes.

Modelo explicativo del gobernador central

Entre los modelos explicativos de la fatiga, recogidos por Abbiss y Laursen², cobra especial relevancia el conocido como modelo del gobernador central^{31,34-37}. Este gobernador es descrito como el conjunto, funcionalmente diferenciable, de las estructuras del cerebro responsable de: a) la lectura e integración (no lineal) de diferentes fuentes de información, incluyendo los índices fisiológicos de esfuerzo físico; b) proporcionar la información necesaria para la regulación del esfuerzo, y c) la regulación realmente responsable de tal esfuerzo.

El primer autor en considerar la contribución del procesamiento central del cerebro en el constructo de la fatiga fue Mosso³⁸. Fueron posteriormente Hill et al.³⁹⁻⁴¹ quienes motivaron el interés por las bases fisiológicas de la fatiga a partir del estudio de la influencia de la concentración de lactato en el músculo. Aunque su modelo contemplaba el cerebro como un gobernador, en este caso del funcionamiento del corazón para reducir el ritmo circulatorio, sus seguidores han ignorado este componente del modelo durante los siguientes 90 años³⁶.

Fue Ulmer³⁷ el primero en retomar la idea. Este autor sugería que el rendimiento en el ejercicio puede ser controlado por un gobernador situado en algún lugar del SNC, donde las alteraciones en la intensidad del ejercicio son controladas por un sistema de retroalimentación continuo. Las señales eferentes que contienen información sobre la fuerza, el desplazamiento, el tiempo y

el metabolismo muscular son retroalimentadas a un controlador central a través de vías aferentes somatosensoriales.

Una idea muy similar ha sido defendida por Lambert et al.⁴², quienes coinciden en explicar la fatiga desde un modelo de sistemas complejos. Según este modelo, la fatiga percibida durante el ejercicio es consecuencia de la compleja interacción de múltiples sistemas periféricos fisiológicos que actúan como señales aferentes hacia el cerebro en una dinámica de integración no lineal. Este gobernador central no tendría necesariamente que estar ubicado en un lugar anatómico concreto, sino que puede ser simplemente de naturaleza funcional. En este sistema complejo se recibirían las entradas de varios sistemas, todos ellos relacionados con el ejercicio, con la función de integrarlas para proporcionar unas salidas hacia el córtex, que obligarían a tomar la decisión de detener el esfuerzo si el cómputo global superara un umbral determinado. Atendiendo a estos modelos, y en un sentido restringido, el modelo del gobernador central se puede entender como un cableado que actúa por debajo del nivel de conciencia y del control individual (en forma similar a como opera el sistema regulador de la temperatura del organismo). Su función sería impedir el reclutamiento de las estructuras musculares por encima del nivel de intensidad y duración, que podría generar un daño potencial al corazón y otras partes vitales del organismo²³.

Este gobernador precisa, para su correcto funcionamiento, estar relacionado con el resto de sistemas del organismo, lo que, a su vez, requiere un adecuado equilibrio físico y químico. Este equilibrio depende de la interacción de muchos de los órganos que conforman el cuerpo, lo que supone que si el ejercicio afecta al sistema neuromuscular, también afectará al resto del medio interno. Entre estos órganos resultan determinantes los que se encargan de procesar las emociones, al desempeñar un rol esencial en la regulación del ejercicio y en la aparición, más tarde o más temprano, de la sensación de extenuación o fatiga.

Desde el paradigma explicativo del gobernador central, cualquier ejercicio voluntario comienza y termina en el cerebro, al entenderse el ejercicio como un reclutamiento y desreclutamiento de las fibras musculares, fruto de una modulación de la orden motora. El esfuerzo voluntario (el reclutamiento) comienza con una decisión consciente por parte del participante pero, por el contrario, no siempre es consciente la que obliga al desreclutamiento de las unidades motoras. Esto ocurre cuando se percibe una sensación de esfuerzo más intensa de lo tolerable (dolor muscular), lo que provoca que sea el córtex motor el que genere el cese de la actividad. Este enfoque psicológico de la fatiga otorga una gran importancia a la percepción del esfuerzo, como factor limitante del ejercicio^{29,43}. Según esta concepción se puede definir la fatiga como una falta subjetiva de energía que interfiere en la continuación de sus tareas incidiendo directamente en la capacidad de autocontrol del participante⁴⁴. En este sentido, la definición de St Clair Gibson et al.³ es bastante sugerente al entender la fatiga como el conocimiento consciente de los cambios en el sistema subconsciente de control homeostático. De este modo, durante la realización del ejercicio se produciría un incremento gradual del nivel de conciencia de los cambios fisiológicos inducidos por el ejercicio; los centros superiores del cerebro, ubicados en el núcleo del tronco cerebral e hipotálamo, integrarían la información aferente sobre estos cambios fisiológicos y, junto con la modulación por otros factores, generarían la sensación de fatiga y extenuación⁵.

Críticas al modelo

Aunque existe cierto consenso en que el SNC es el último factor limitante⁹, la noción de un gobernador central, como sistema limitador y protector del organismo ante el esfuerzo excesivo, sigue siendo controvertida^{45,46}. Autores como Weir et al.⁴⁷ argumentan que no pueden explicar la fatiga en determinados tipos

de ejercicios y aportan el concepto de «dependencia de la tarea» (*task dependency*), de manera que la fatiga no estaría causada únicamente por un conjunto común de factores, sino que dependería también del tipo de ejercicio realizado (intensidad del ejercicio y el tipo de contracción muscular), de los grupos musculares implicados, de factores ambientales (calor, humedad...), de las características físicas del deportista (capacidad física, distribución del tipo de fibra muscular...), etc.⁴⁷. Este modelo defiende que no es similar la fatiga que sufre un deportista cuando realiza una maratón que cuando realiza un trabajo de levantamiento de pesas. Obviamente, esta diferenciación es aún mayor cuando se trata de una actividad deportiva con un elevado componente táctico en la que la fatiga es consecuencia de esfuerzos de naturaleza física pero también mental.

Marcora⁴⁸ cuestiona el modelo por el hecho de que sus seguidores contemplen un nivel subconsciente de control por parte del cerebro y al mismo tiempo concedan poca importancia a la percepción del esfuerzo (*reported perceived effort* [RPE]) en la regulación del ejercicio. Los hallazgos de que la RPE predice el tiempo hasta la extenuación en condiciones diferentes sugieren que un modelo centrado en la toma de decisión basada en el esfuerzo percibido puede proporcionar una teoría unificada de la tolerancia al ejercicio. En los deportes de interacción la RPE también se ha manifestado como un indicador sensible de la carga acumulada y, por tanto, de la fatiga⁴⁹.

La fatiga como estado motivacional subjetivo

Visto lo anterior, nuestro posicionamiento es considerar la fatiga como un estado motivacional subjetivo, hedónicamente negativo y acumulativo, que surge de la integración no lineal de una variedad de índices humorales, cardiovasculares, respiratorios y propioceptivos, relacionados con el esfuerzo físico y sensible a otras variables psicológicas⁵⁰. Esta concepción supone un vínculo conceptual con el modelo del gobernador central, en tanto en cuanto considera la aportación de los procesos psicológicos en la construcción de la sensación de fatiga, pero también destacan el rol desempeñado por la motivación del individuo. En este sentido la fatiga es central, pero no única, y solo en parte inconsciente. La integración debe ser automática, pero su aparición debe estar también disponible para el control consciente individual del participante y poder, de esta forma, tomar decisiones como la de realizar un esfuerzo excesivo.

Numerosos investigadores han desarrollado el estudio de lo que se ha llamado la psicofísica de la fatiga⁵¹, es decir, de las funciones matemáticas relativas a la RPE y su relación con índices fisiológicos⁵²⁻⁵⁴, abarcando estudios para validar el constructo de la fatiga percibida-RPE en varios deportes y actividades físicas y la fiabilidad de la escala como un predictor de rendimiento⁵⁵⁻⁵⁸.

Esta investigación es relevante aquí porque se ha demostrado en repetidas ocasiones que el valor de RPE es un limitador del esfuerzo mucho más directo que los factores fisiológicos que contribuyen a su cómputo. Sirva como ejemplo el estudio de Sgherza et al.⁵⁹ en el que utilizaron participantes entrenados para comparar la capacidad de realizar esfuerzo tras el suministro de naloxona (reductor del $VO_{2máx}$) o placebo. La conclusión del trabajo fue que, en situaciones de laboratorio, la máxima capacidad de trabajo de un individuo estaba limitada por su RPE. En esta misma línea, Pageaux et al.⁴³, quienes trataban de comprobar si un esfuerzo mental prolongado reduciría el grado de activación muscular máxima e incrementaría la fatiga central inducida por un ejercicio posterior de resistencia, no encontraron un deterioro de la activación muscular que justificara el deterioro en la prueba de resistencia, concluyendo que la responsable solo podía ser la RPE. En este punto es importante matizar que, pese a las diferencias conceptuales entre «fatiga» y «percepción subjetiva del esfuerzo», y a falta de otros marcadores

fisiológicos o indicadores objetivos, hasta el momento la RPE parece ser el parámetro más fiable cuando se trata de predecir la capacidad general del deportista para mantener la actividad sin que se produzca un deterioro evidente del rendimiento.

El modelo general de la fatiga como percepción integrada de factores diversos es incompleto, pues no especifica qué factores psicológicos concretos contribuyen a la misma y cómo interactúan con los factores fisiológicos o cómo interactuarían con las características dependientes de tarea. Resulta obvio que un trabajo intelectual intenso, antes de o durante el ejercicio, afectará a la sensación de fatiga producida por este y, sin embargo, son muy escasos los trabajos que han intentado cuantificar y explicar el efecto de la carga mental en el esfuerzo físico percibido y su reflejo conductual. Ello a pesar de que muchas tareas cotidianas, y específicamente muchas tareas en la práctica del deporte, presentan esa doble naturaleza físico-cognitiva.

Por tanto, pese a que, como venimos describiendo, es bien conocido que los factores relacionados con la carga mental y otras características psicológicas de la tarea influyen en la respuesta de fatiga, aún se desconoce qué grado de influencia tienen sobre la aparición de la fatiga subjetiva. Según Hutchinson y Tenenbaum⁶⁰, ya en 1973^{61,62} se defendía que las respuestas fisiológicas constituyen aproximadamente dos tercios de la varianza en el esfuerzo percibido, y que diversos factores psicológicos serían responsables del tercio restante. Ello deja abierta la opción de que otras variables de carácter central (carga cognitiva, estado emocional y otros estados motivacionales) puedan modularla de forma directa^{50,63}. St Clair Gibson et al.³, para defender esta hipótesis, aportan 3 observaciones diferentes: la primera es que la sensación de fatiga puede ser alterada mediante hipnosis⁶⁴; en segundo lugar, que la sensación de fatiga está afectada por las expectativas de las demandas de la tarea, y finalmente que, en pacientes con síndrome de fatiga crónica, una excesiva y debilitante sensación de fatiga está presente durante el descanso, lo que significa que no está necesariamente vinculada con alteraciones en los niveles de actividad física.

Una cuestión fundamental es determinar en qué nivel las variables psicológicas y las fisiológicas, ya sean periféricas o centrales, interactúan. Tal y como hemos comentado, según St Clair Gibson et al.³ la fatiga alcanzaría naturaleza consciente cuando la información sobre las alteraciones en el estado físico inducido por la actividad física produjera cambios en la actividad de una red neuronal (cuya localización exacta no especifica). Serían candidatas a formar parte de esta red aquellas de las que puedan demostrarse cambios de activación asociados con el desarrollo del conocimiento de la sensación de fatiga. Lo más importante, sin embargo, es que su funcionamiento debe verse también modulado por entradas no propioceptivas, como pueden ser factores psicológicos y motivacionales, que deben ser integradas junto con las primeras. En esa línea, un estudio realizado por Levine⁶⁵ le permitió concluir que «no hay duda de que la motivación es necesaria para conseguir el $VO_{2máx}$ ».

Estrategias cognitivas para gestionar la fatiga

Son muchos los deportistas que emplean diversas estrategias cognitivas para influir en su rendimiento en competición, basadas en el manejo del malestar producido por el esfuerzo, retrasando la aparición de fatiga⁶⁶. Algunas investigaciones han empleado la sugestión hipnótica para modificar selectivamente el nivel de esfuerzo percibido por parte de los participantes, con el fin de poder identificar las contribuciones potenciales de los centros superiores del cerebro hacia la regulación cardiorrespiratoria⁶⁴ y de otros mecanismos fisiológicos periféricos. Algunas de ellas han puesto de manifiesto que los procesos cognitivos pueden ejercer

cierta influencia en las variaciones provocadas a nivel perceptivo, e incluso metabólico, a través de dichas sugerencias hipnóticas^{67,68}.

Distintos trabajos analizan la relación existente entre el esfuerzo percibido, los procesos cognitivos y los efectos que pueden tener sobre las tareas de resistencia⁶⁹, generándose el desarrollo de estrategias cognitivas para su control⁷⁰. En general estas han sido englobadas en 2 grandes tipos: asociativas y disociativas⁷¹⁻⁷⁵. Con las primeras, el deportista se concentra en las señales que recibe de los cambios en su estado corporal como consecuencia del esfuerzo realizado⁶¹, mientras que las técnicas disociativas se basan en distraer al deportista con pensamientos o tareas mentales no relacionados con el esfuerzo realizado. El efecto distractor de estas técnicas se basa en hacer uso de los recursos atencionales para dejar en un nivel inconsciente el control de las sensaciones corporales.

Algunos de estos trabajos han centrado su interés en comprobar el grado de eficacia de las diferentes estrategias de procesamiento cognitivo para el rendimiento deportivo. Los primeros antecedentes⁶¹ apuntan a que el nivel de rendimiento deportivo podría ejercer de mediador de la eficacia de las diferentes estrategias, ya que los deportistas de mayor nivel en pruebas de resistencia de larga duración tendían a utilizar preferentemente las estrategias asociativas, mientras que los de menor nivel, las disociativas.

Probablemente el primer trabajo que intentó comprobar este posible efecto con un diseño experimental fue el de González-Suárez⁷¹. Los resultados del experimento pusieron de manifiesto un mayor rendimiento (mayor tiempo de resistencia) cuando los sujetos corrieron hasta el agotamiento autoimpuesto haciendo uso de las estrategias de tipo asociativo. Igualmente, los de superior nivel deportivo se mantuvieron corriendo durante más tiempo que los sujetos de niveles inferiores. Las estrategias disociativas también produjeron una disminución en las percepciones de fatiga y de esfuerzo físico, mientras que las estrategias asociativas tendieron a aumentar la percepción de fatiga.

Por otro lado, Hutchinson y Tenenbaum⁶⁰ concluyen en su trabajo, en una prueba de resistencia en cicloergómetro al 50, al 70 y al 90% del $VO_{2m\acute{a}x}$, que la «focalización atencional fue predominantemente disociativa durante la fase de poca intensidad de la tarea, y giró hacia predominantemente asociativa a medida que la intensidad aumentaba»⁶⁰. Esto parece indicar que el aumento de la intensidad del ejercicio incapacita al sujeto para abstraerse de las sensaciones corporales generadas por el ejercicio. En cualquier caso, tal como apuntan Díaz-Ocejo et al.⁶⁹, los resultados en la actualidad no son concluyentes y aconsejan abordar la investigación contemplando otras posibles variables mediadoras del efecto de las distintas estrategias cognitivas.

Mecanismos neurocognitivos de procesamiento de la fatiga

La información aferente que puede alterar el RPE es muy diversa (tabla 3), y está por dilucidar cómo el SNC la integra y elabora la sensación de fatiga. Por algunos estudios se conoce que las estructuras nerviosas implicadas podrían localizarse en el córtex insular, el

Tabla 3
Información aferente que puede alterar el índice de esfuerzo percibido

Información aferente que puede alterar el índice de esfuerzo percibido	
Cardiopulmonar	Periférico/Metabólico
Frecuencia cardíaca	Nivel de lactato en sangre
Consumo de oxígeno	pH sanguíneo y muscular
Frecuencia respiratoria	Tensión mecánica
Frecuencia ventilatoria	Daño muscular
	Temperatura central
	Disponibilidad de los hidratos de carbono
	Temperatura de la piel

córtex cingulado anterior (región prefrontal medial) y las regiones talámicas⁷⁶.

Aunque somos conscientes de que el esfuerzo percibido y la fatiga no son lo mismo, la realidad es que la fatiga derivada de la práctica de ejercicio físico o mental, o de ambos, cursa de forma paralela con el esfuerzo percibido por el sujeto.

Los estudios de Hilty et al.⁷⁷ evidenciaron una activación de la región insular media/anterior en la decisión de finalizar un ejercicio y la interpretaron como un mecanismo de alerta ante posibles desequilibrios homeostáticos. Igualmente, los resultados de un segundo estudio permitieron a estos autores⁷⁸ concluir que esta región del cerebro está en comunicación directa con el córtex motor e implicada en el procesamiento de pensamientos, emociones y sensaciones corporales, siendo la base de la consciencia emocional^{79,80}, fundamentalmente para emociones negativas. Para Noakes³⁶, los resultados de Hilty et al.^{77,79,80} pueden ser una evidencia de la existencia de un gobernador central que regula la respuesta motora al *feedback* sensorial aferente.

Tanaka y Watanabe⁸¹ consideran que la fatiga puede ser el resultado del balance entre influencias inhibitorias y facilitadoras del córtex motor. Concretamente, el sistema inhibitorio, en el que participan interconectados la médula espinal, el tálamo, el córtex somatosensorial secundario, el córtex insular medial, el córtex insular posterior, el córtex cingulado anterior, el área premotora, el área premotora suplementaria y el córtex motor primario, reduce la respuesta motora (fatiga supraespinal) a la información sensorial procedente de la periferia. Por el contrario, el sistema facilitador, que promueve el estado motivacional que incrementa la respuesta motora al sistema periférico, estaría compuesto por las siguientes estructuras interconectadas: sistema límbico, ganglios de la base, tálamo, córtex orbitofrontal, córtex prefrontal, córtex cingulado anterior, área premotora, área motora suplementaria y córtex motor primario.

Recientemente, Fontes et al.⁸², gracias a un cicloergómetro especialmente diseñado para poder realizar simultáneamente una resonancia magnética transcraneal, comprobaron las áreas del cerebro activadas durante un protocolo de esfuerzo pedaleando cuando los participantes percibían el esfuerzo con un valor por debajo de 15 en la escala de Borg y cuando su evaluación estimaba el esfuerzo por encima de este valor. Los resultados mostraron la activación del giro precentral y el vermis cerebelar durante la actividad de ciclismo moderado y del córtex cingulado posterior y precúneo en las fases de mayor esfuerzo percibido. Según recogen estos mismos autores, estas 2 regiones del cerebro juegan un papel importante en varias funciones ejecutivas y en el estado de alerta consciente. El precúneo ha sido asociado con determinados rasgos del comportamiento en tareas de alto nivel cognitivo⁸³. El córtex cingulado parece desempeñar una función integradora de información sensorial, motora, visceral, motivacional y emocional⁸⁴, siendo fundamentalmente activada la región posterior durante el fenómeno del pensamiento errante (*mind-wandering*), cuando los estímulos emocionales tienen una significación personal y en la regulación del ejercicio físico⁸⁵.

Para Fontes et al.⁸², dado que la RPE está relacionada con el incremento de la función cardiorrespiratoria, la concentración de lactato y la actividad muscular, es posible que el córtex cingulado posterior y el precúneo puedan integrar la información sensorial para promover un control consciente y emocional durante el ejercicio.

No obstante, no están claros los procesos influyentes en el RPE. Obviamente, el ejercicio prolongado o intenso produce un número mayor de efectos sobre el organismo: acumulación de metabolitos, reducción del rendimiento cardíaco, microrroturas del tejido muscular, etc. Estos procesos acumulativos son numerosos e interactúan de una forma no lineal^{30,35,37,86}, por lo que es comúnmente aceptado que el RPE resulta de una integración compleja de entradas de información de estos procesos al SNC. Aunque este principio

parece aparentemente indiscutible, en la actualidad no hay evidencias concluyentes que lo avalen. De acuerdo con Marcora⁸⁷, el *feedback* aferente de los músculos esqueléticos, el corazón y los pulmones no contribuye significativamente a la RPE durante el ejercicio. De forma alternativa, existen vías neurales dentro del cerebro que comunican directamente las cortezas somatosensoriales y motoras, lo que permite una consciencia directa de los comandos motores centrales.

Posible contribución de la carga mental a la fatiga

Entendemos la carga mental como el esfuerzo mental necesario para dar respuesta a los requerimientos de una tarea. La carga mental generada por la tarea va a depender de la cantidad de información y del nivel de procesamiento no automático que demanda esta información sobre el sistema cognitivo⁸⁸. Por lo tanto, la carga mental requiere recursos de procesamiento y produce interferencias con otras tareas en el ejecutivo central, concretamente en la memoria de trabajo. Se entiende por memoria de trabajo el conjunto de estructuras y procesos cognitivos encargados de almacenar y, sobre todo, manipular y organizar la información para un uso inmediato⁸⁹.

La carga mental siempre va a ser fruto del tipo de tarea, de la capacidad de los participantes y de las circunstancias⁹⁰. Es importante tener esto presente, ya que toda carga mental va a presentar una dimensión cognitiva, que se refiere al esfuerzo cognitivo desarrollado por el ejecutivo central (memoria de trabajo), y una dimensión emocional, que se refiere al efecto emocional derivado de dicho esfuerzo, así como de la retroalimentación resultante de la realización de la tarea cognitiva.

La carga mental central puede presentar 2 posibles mecanismos de contribución a la aparición de la fatiga: uno sería fruto de una vía directa, entendiéndose esta como una vía de carácter neural, y otro fruto de una vía indirecta o de carácter metabólico. La vía directa se explicará por la conexión de los mecanismos ejecutivos implicados en la tarea de carga con el gobernador central encargado de gestionar la fatiga.

Vía neural o directa de la influencia carga mental-fatiga física

En las 2 últimas décadas el interés por investigar la contribución de los procesos de control emocional sobre la fatiga se ha visto notablemente incrementado por el descubrimiento del denominado efecto de la depleción del ego^{91,92}, que se define como la disminución o el agotamiento de los recursos de un individuo para hacer frente a tareas que impliquen un esfuerzo de autocontrol, ya sea de la atención, cognitivo o emocional. Bajo este efecto un individuo que ha sido sometido a esfuerzos de autocontrol en una primera tarea vería deteriorado su rendimiento en una segunda que implicara este tipo de esfuerzo, aunque la naturaleza de la tarea fuera diferente.

Según el modelo energético del autocontrol (*strength model of self-control*), el ser humano tiene una capacidad limitada para desarrollar un esfuerzo orientado al control de respuestas dominantes automatizadas, de emociones, de pensamientos o de los impulsos más inmediatos. Como consecuencia, una vez invertido este tipo de esfuerzo, el individuo experimenta una reducción del rendimiento en tareas posteriores que exigen este mismo tipo de esfuerzos. Esta capacidad resulta ser imprescindible en la vida cotidiana en la medida en que posibilita dirigir la conducta hacia la consecución de objetivos concretos, demorando con ello la obtención de la recompensa. Carencias en este sentido podrían derivar en abusos alimentarios, en el consumo de sustancias perjudiciales para la salud, en responder de forma violenta a incidentes con otras personas, etc., y por ello es considerada como extremadamente adaptativa^{92,93}. Como se puede comprender, el deporte, o la práctica de actividad

físico-deportiva, representan un contexto en el que la necesidad de autorregulación es constante y determinante para alcanzar un rendimiento óptimo. Casualmente, los promotores de este modelo basan sus hipótesis en la metáfora de la fuerza o energía, de tal modo que Hagger et al.⁹² establecen 3 paralelismos bastante ilustrativos: a) la participación en tareas que demandan la capacidad para anticiparse al futuro implican ahorrar energía para el desarrollo de tales acciones futuras, al igual que por ejemplo un atleta dosifica el esfuerzo y la energía disponible para poder terminar la carrera; b) el entrenamiento en tareas que requieren autocontrol produce mejoras de esta capacidad⁹⁴, de la misma forma que el músculo entrenado mejora su capacidad de fuerza o resistencia, y c) el descanso ayuda a regenerar el autocontrol de forma similar a como lo hace la fuerza del músculo tras un periodo adecuado de recuperación⁹⁵.

El agotamiento de los recursos de autocontrol (*ego depletion*) encontró las primeras evidencias de apoyo científico en el trabajo de Baumeister et al.^{96,97}. En un estudio en el que se dividió la muestra en grupo experimental y control, a los componentes del primero se les pidió que intentaran suprimir la reacción emocional producida por un fragmento de película de fuerte contenido afectivo, y a los del segundo, que expresaran libremente sus sentimientos. Los resultados en una tarea posterior de evaluación de la fuerza con dinamómetro mostraron un peor rendimiento de los participantes del grupo experimental. Posteriormente, este mismo efecto se ha manifestado en diferentes dimensiones o esferas en las que se requiere esta capacidad de autocontrol⁹¹: control del pensamiento, control de las emociones, control de impulsos, control de la atención, toma de decisiones y procesamiento social.

El principio fundamental de esta teoría es que existe un reservorio global común de energía y recursos que es independiente de la dimensión específica que sea agotada, lo que deja menos recursos disponibles para la realización de cualquier actividad posterior que requiera autocontrol. Aunque existen ciertas discrepancias en la interpretación de lo que debe ser considerada una tarea de autocontrol, al igual que en la interpretación de las causas que provocan el deterioro del rendimiento posterior⁹⁸, los resultados encontrados muestran claras evidencias de que el deterioro del rendimiento en las tareas propias de los experimentos sobre el efecto de la depleción del ego coinciden con percepciones elevadas de fatiga, dificultad y esfuerzo.

Para nuestros intereses, lo más destacable de esta línea de investigación es que el efecto de la depleción de recursos ha sido comprobado sobre el rendimiento en tareas con requerimientos físicos⁹⁹⁻¹⁰² y en aquellas en las que de forma paralela se demandaban esfuerzos físicos y mentales¹⁰³. Esta depleción de recursos demuestra la contribución de los esfuerzos mentales a la aparición de la fatiga. Olvidar esta contribución puede acarrear consecuencias nefastas desde el punto de vista práctico tanto en la planificación/programación del entrenamiento como en el control de las cargas durante el proceso. No obstante, muy recientemente, Xu et al.¹⁰⁴ cuestionan el efecto de la depleción del ego al no ser capaces de replicarlo en una investigación que abarcaba 4 estudios: 2 con población adulta y 2 con jóvenes entre 18 y 25 años. Estos datos nos mueven a la prudencia a expensas de investigaciones futuras que puedan clarificar el origen de tales discrepancias.

En este mismo sentido, Inzlicht et al.¹⁰⁵ cuestionan la interpretación de los resultados encontrados hasta el momento en las investigaciones sobre el modelo energético del autocontrol. Si bien los defensores de esta teoría entienden el autocontrol como una capacidad limitada de recursos que puede estar mediada por el consumo de glucosa, los citados autores defienden que son factores motivacionales los que juegan un papel fundamental en el proceso. La primera crítica recae en el hecho de que la mayoría de los estudios no observan la depleción de los recursos directamente, sino a través del rendimiento en la tarea, lo que conlleva interpretaciones teóricas del efecto. La segunda se basa en que, a pesar de que se ha

intentado asociar la depleción de recursos a un mayor consumo de glucosa con cierto éxito¹⁰⁶, estudios recientes en los que la tecnología empleada para su análisis es altamente precisa también han fallado en la réplica del efecto¹⁰⁷.

Inzlich et al. plantean una explicación alternativa basada en los cambios motivacionales fruto del desequilibrio en la relación coste/beneficio⁹⁸, deber/placer, explotación/exploración, es decir, en el desequilibrio entre la motivación por implicarse en tareas que conllevan el «tener que» en favor de una mayor motivación por implicarse en tareas que implican «querer hacerlo». Para estos autores, sencillamente, la depleción aviva los «deseos» y, por tanto, debe ser entendida como un cambio en las motivaciones que conlleva emparejado un cambio en el foco atencional y en las emociones.

Vía metabólica o indirecta de la influencia carga mental-fatiga física

La otra vía que podría explicar la contribución de la carga mental a la aparición de la fatiga es la vía metabólica o indirecta. Esta haría alusión a la depleción de recursos energéticos producida por el trabajo intelectual intensivo, que a su vez provocaría la disminución de su disponibilidad en el riego sanguíneo (glucosa y oxígeno fundamentalmente) y, por tanto, una competición por ellos entre el cerebro y el sistema musculoesquelético.

Como se ha comentado anteriormente, son diversos los estudios que demuestran que aproximadamente el 20-30% del consumo de glucosa se invierte en satisfacer las necesidades del cerebro¹⁰⁸. De hecho, el cerebro no tiene la capacidad de almacenamiento de sustratos de energía y el proceso de degradación aeróbica de la glucosa es completamente dependiente de un suministro constante del oxígeno y la glucosa a través del torrente sanguíneo²¹. Estudios recientes apoyan la opinión de que las fluctuaciones de la glucemia pueden ejercer una influencia significativa en el rendimiento cognitivo. Donohoe y Benton¹⁰⁹ defienden que el efecto del aumento de las demandas cognitivas provoca una absorción acelerada de glucosa. Más específicamente¹¹⁰, informaron de una caída de los niveles de glucemia y la aceleración de la tasa cardiaca durante el desempeño de tareas exigentes. Este hallazgo dio lugar a una hipótesis provisional: que la aceleración del ritmo cardiaco, bajo alta demanda cognitiva, representa un posible mecanismo para agilizar el transporte de glucosa al cerebro.

Por otra parte, Gailliot et al.^{106,111} encontraron evidencias de que la glucemia puede ser el mecanismo responsable para la depleción de los recursos de autocontrol. Estos trabajos demostraron que el efecto de depleción del ego coincide con una caída de la glucemia y que el aporte de glucosa atenúa el efecto en relación con la ingesta de placebo^{106,112-115}. Sin embargo, tal como hemos analizado anteriormente, han sido varios los trabajos de investigación que no han podido replicar este efecto de un mayor consumo de glucosa en las tareas de autocontrol¹⁰⁷. Por tanto, la glucosa puede ser relevante para el autocontrol, aunque no esté clara la manera en que puede contribuir a mejorar el rendimiento en tareas de este tipo. Además, tal como defiende Conde-González⁵⁰, no parece que ninguno de los 2 mecanismos pueda ser completamente descartado, encontrando las 2 vías apoyo en su estudio.

Repercusiones para la planificación y el control del entrenamiento deportivo

La planificación supone una propuesta teórica que implica conocimiento de las exigencias de la modalidad deportiva, previsión y elección del método, medios de entrenamiento, estrategias de intervención y control del proceso y los resultados en términos de aprendizaje o rendimiento, para comprobar su efectividad y realizar los ajustes pertinentes. Nuestra forma de entender la

planificación en los deportes de equipo nos lleva a conceder una gran importancia al modelo o estilo de juego desarrollado. De esta manera, la observación del comportamiento motor del jugador durante el desarrollo del modelo de juego permitirá detectar las verdaderas carencias táctico-técnicas, físicas o psicológicas que le impiden realizar sus funciones con la máxima eficacia. Una vez detectadas estas carencias, tendremos que diseñar estímulos de entrenamiento que generen una ruptura de la homeostasis del organismo y provoquen respuestas adaptativas del deportista. Para ello es importante considerar al organismo como un todo y no como el sumatorio de sus partes. Siguiendo este argumento, resulta imprescindible considerar las demandas tanto fisiológicas como cognitivas o emocionales de las tareas de entrenamiento.

Los modelos de planificación vigentes se construyen sobre el diseño de estímulos que atienden prioritariamente al concepto de carga fisiológica, centrándose en el entrenamiento físico y excluyendo las connotaciones cognitivas o psicológicas que, inevitablemente, tiene la intervención didáctica del entrenador, el propio diseño de las tareas o el contexto/situación en la que se encuentre el equipo (posición en la tabla, últimos resultados obtenidos, etc.)⁴. Desde esta visión reduccionista y, a nuestro parecer, desprovista de parte de su sentido, se concibe el estímulo desde una perspectiva exclusivamente cuantitativa (volumen e intensidad), despreciando el análisis cualitativo y específico. No podemos obviar que una de las características más importantes de este proceso de adaptación, al que denominamos entrenamiento, no es otra que la transformación de las características cualitativas de los estímulos externos que actúan sobre las características internas del organismo¹¹⁶. Resulta imprescindible considerar el componente cognitivo y psicológico de la carga introduciendo la carga mental en la planificación del entrenamiento como variable que contribuye a modular los efectos de la carga física. Conde-González⁵⁰ ha evidenciado la influencia que genera la carga mental (en sus dimensiones cognitiva y emocional) sobre la RPE y sobre alguno de los parámetros fisiológicos (VO₂), determinantes en la aparición y acumulación de fatiga. Esto nos lleva a considerar, como aplicación práctica general, la necesidad de contemplar la carga mental en la planificación del entrenamiento para evitar desajustes graves. La carga mental también puede influir sobre los procesos de recuperación tras el entrenamiento o competición, pese a lo cual rara vez se toman medidas para la recuperación mental y emocional.

Toda la investigación desarrollada para calcular los periodos de recuperación se ha basado en la repercusión física que estas cargas generan en el organismo, sin contemplar las posibles interacciones con la carga mental, aspecto que, según se desprende de nuestro estudio^{50,63,99}, podría modificar sustancialmente estos resultados.

En relación con la distribución de los contenidos de entrenamiento

De la misma forma que la acumulación de la carga física a lo largo del entrenamiento provoca la aparición de la fatiga y el deterioro del rendimiento, el efecto acumulado de la carga mental contribuye a la aparición de fatiga, y esta a la disminución del rendimiento físico y motor¹¹⁷. Por esta razón, en las sesiones de entrenamiento en que el objetivo se centre en el aprendizaje de nuevas conductas de juego, de respuestas motrices de alto nivel coordinativo, de aspectos tácticos con altas exigencias cognitivas, o demande un alto nivel de autocontrol emocional o de concentración, las tareas que lo persiguen se ubicarán en la parte inicial de la sesión, cuando el deportista tiene disponible la mayor parte de sus recursos fisiológicos, cognitivos y psicológicos¹¹⁸.

No obstante, cuando el objetivo no sea la adquisición de nuevos esquemas motores sino la puesta en práctica de acciones y conductas de juego consolidadas, las actividades centradas en su desarrollo se ubicarán en la fase final de la sesión de entrenamiento, justo cuando la acumulación de la carga física y mental derivan en un

estado de fatiga que demanda autocontrol del deportista. Esto es, situaríamos la ejecución de esas conductas en el entrenamiento en el lugar que simula más fielmente las situaciones en las que esas conductas tendrán que desplegarse en la competición real.

Si centramos el análisis en la distribución de los contenidos a lo largo de un microciclo, por ejemplo, el de un equipo que compite durante el fin de semana, las actividades de entrenamiento que suponen por un lado un mayor esfuerzo físico y por otro un mayor autocontrol cognitivo o emocional deberían ubicarse en la primera parte (de lunes a miércoles), reduciendo la magnitud de las cargas en los días previos a competir para dejar el tiempo necesario que garantice la recuperación o supercompensación del deportista¹¹⁸. En este sentido, la evaluación del rendimiento del deportista, o control del proceso de entrenamiento, que resulta tan aconsejable como medio para estimular los aprendizajes, debe alejarse de la competición, pues como señala Buceta¹¹⁹, puede generar estrés que se sumaría al que ya produce la propia competición.

En relación con la adecuación de las cargas de entrenamiento

Tradicionalmente, la preocupación por controlar el efecto de las cargas del entrenamiento sobre los deportistas ha impulsado a los técnicos en el ámbito práctico, y a los investigadores en el científico, a intentar identificar indicadores fiables de fatiga. Aunque el constante desarrollo tecnológico es prometedor, la evidencia demuestra que escalas subjetivas como la de Borg⁵¹ son sensibles al esfuerzo invertido y se convierten en una herramienta de enorme utilidad para obtener información y regular las cargas de entrenamiento. No obstante, es imprescindible proporcionar a los deportistas un periodo de comprensión, familiarización y calibrado de las escalas antes de conceder credibilidad a sus resultados. Desgraciadamente, esta práctica es poco habitual.

Por otra parte, a la hora de evaluar la carga no hay que dar por descontado que toda fuente de carga física, mental o emocional va a ser fielmente recogida por un solo indicador (p. ej., la puntuación RPE en la escala de Borg). Existen otras escalas visuales de fácil aplicación que permiten monitorizar de forma específica elementos emocionales y cognitivos del entrenamiento (SAM¹²⁰, NASA-TLX^{121,122}). La investigación más reciente sugiere que esas dimensiones pueden tener un efecto propio sobre el impacto del entrenamiento y la adherencia al mismo¹²³.

En relación con el diseño de las tareas de entrenamiento

Los antecedentes nos llevan a establecer 2 grandes objetivos para el proceso de entrenamiento: retrasar la aparición de la fatiga y mejorar la capacidad para atenuar el impacto que pudiera tener sobre el rendimiento deportivo. Para conseguir el primero de ellos es determinante la aplicación de los principios del entrenamiento, orientados a provocar la adaptación progresiva del organismo al estrés⁴. En este sentido, es importante recordar la contribución de los procesos psicológicos al estado de fatiga y, como consecuencia, diseñar las actividades o tareas de entrenamiento táctico-técnico de tal forma que se estimule igualmente la capacidad adaptativa para afrontar situaciones percibidas como estresantes. La capacidad psicológica del deportista para soportar estados emocionales adversos es tan entrenable como la que permite correr más rápido o saltar más alto. Por todo ello, el modelado de las condiciones que generan estados emocionales que pueden afectar negativamente al rendimiento en competición debe programarse atendiendo igualmente a los principios fundamentales del entrenamiento. En un deporte de equipo, los errores en competición tienen consecuencias tan evidentes para el jugador, que pueden llegar a generar estrés somático y cognitivo. Si bien hay técnicas psicológicas que ayudan a atenuarlo y a minimizar el efecto sobre el rendimiento, somos partidarios de inocular progresivamente estos estados para provocar

la mejora de las habilidades psicológicas de afrontamiento^{4,124,125}. En conclusión, las tareas deberían contemplar las dosis adecuadas de estrés que estimularan la mejora de los mecanismos tanto fisiológicos como psicológicos del deportista. Obviamente, la programación de estas estrategias que se vinculan con el propio diseño de las tareas no resta importancia a las que tradicionalmente han formado parte del programa de entrenamiento que los psicólogos del deporte han desarrollado para la mejora de las habilidades psicológicas. Nuestra intención es dejar constancia de la necesidad de que dichos profesionales contribuyan al enriquecimiento de dicho programa al participar, junto con los entrenadores, en el diseño de escenarios de práctica que, partiendo de las demandas motrices, generen de manera gradual estados emocionales adversos que provoquen la adaptación del deportista y estimulen con ello la mejora de la capacidad de afrontamiento.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiación

El Dr. D. Cárdenas Vélez pertenece a la producción del proyecto de investigación DEP2013-48211-R, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, correspondiente al Plan Nacional de Investigación I+D+I en la convocatoria de Retos a la Sociedad. Igualmente, dicho proyecto ha recibido cofinanciación del Centro Mixto UGR-MADOC bajo la denominación PIN 11.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores quieren hacer constar su agradecimiento a los doctores Jonatan Ruiz Ruiz y Juan de Dios Beas Jiménez por sus valiosas contribuciones para la mejora del texto.

Bibliografía

1. Mousseau MB. The onset of cognitive fatigue on simulated sport performance [Master degree thesis]. University of Florida; 2004.
2. Abbiss CR, Laursen PB. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Med.* 2005;35(10):865-98.
3. St Clair Gibson A, Baden DA, Lambert MI, Lambert EV, Harley YX, Hampson D, et al. The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Med.* 2003;33(3):167-76.
4. Cárdenas D, Conde-González J, Perales JC. El papel de la carga mental en la planificación del entrenamiento deportivo. *Rev Psicol Deporte.* 2015;24(1):91-100.
5. Ament W, Verkerke GJ. Exercise and fatigue. *Sports Med.* 2009;39(5):389-422.
6. Berger PJ, McCutcheon L, Soust M, Walker AM, Wilkinson MH. Electromyographic changes in the isolated rat diaphragm during the development of fatigue. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991;62(5):310-6.
7. Aaronson LS, Teel CS, Cassmeyer V, Neuberger GB, Pallikkathayil L, Pierce J, et al. Defining and measuring fatigue. *Image J Nurs Sch.* 1999;31(1):45-50.
8. Bigland-Ritchie B, Cafarelli E, Vøllestad NK. Fatigue of submaximal static contractions. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1986;556:137-48.
9. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev.* 2011;81(4):1725-89.
10. Vøllestad NK. Measurement of human muscle fatigue. *J Neurosci Methods.* 1977;74(2):219-27.

11. López-Chicharro J, Fernández-Vaquero A. *Fisiología del ejercicio*. 3.^a ed. Madrid: Médica Panamericana; 2006.
12. Barbany JR. *Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. Barcelona: Barcanova; 2002.
13. Brooks GA. Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17(1):22–34.
14. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med*. 1985;6(3):117–30.
15. Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Ivy JL. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol*. 1986;61(1):165–72.
16. McArdle WD, Katch FI, Katch VL, editores. *Exercise physiology: Energy III and human performance*. 4th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996.
17. Powers SK, Howley ET, editores. *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance*. 2nd ed. Madison and Dubuque: WCB Brown & Benchmark Publishers; 1994.
18. Di Prampero PE. Energetics of muscular exercise. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*. 1981;89:143–222.
19. Nielsen B, Nybo L. Cerebral changes during exercise in the heat. *Sports Med*. 2003;33(1):1–11.
20. Nybo L, Nielsen B. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*. 2001;91(3):1055–60.
21. Scholey A. Fuel for thought. *Psychologist*. 2001;14(4):196–201.
22. Millar NC, Homsher E. Kinetics of force generation and phosphate release in skinned rabbit soleus muscle fibers. *Am J Physiol*. 1992;262(5 Pt 1):C1239–45.
23. Stienen GJ, Rosemalen MC, Wilson MG, Elzinga G. Depression of force by phosphate in skinned skeletal muscle fibers of the frog. *Am J Physiol*. 1990;259(2 Pt 1):C349–57.
24. Potma EJ, van Graas IA, Stienen GJ. Influence of inorganic phosphate and pH on ATP utilization in fast and slow skeletal muscle fibres. *Biophys J*. 1995;69(6):2580–9.
25. Potma EJ, Stienen GJ. Increase in ATP consumption during shortening in skinned fibers from rabbit psoas muscle: Effects of inorganic phosphate. *J Physiol*. 1996;496(Pt 1):1–12.
26. Cooke R, Pate E. The effects of ADP and phosphate on the contraction of muscle fibers. *Biophys J*. 1985;48(5):789–98.
27. Metzger JM. Effects of phosphate and ADP on shortening velocity during maximal and submaximal calcium activation of the thin filament in skeletal muscle fibers. *Biophys J*. 1996;70(1):409–17.
28. Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiol Rev*. 2008;88(1):287–332.
29. Kayser B. Exercise starts and ends in the brain. *Eur J Appl Physiol*. 2003;90(3-4):411–9.
30. Noakes TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2000;10(3):123–45.
31. Noakes TD, Peltonen JE, Rusko HK. Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. *J Exp Biol*. 2001;204(Pt 18):3225–34.
32. Walsh ML. Whole body fatigue and critical power: A physiological interpretation. *Sports Med*. 2000;29(3):153–66.
33. Fobes JL. The cognitive psychobiology of performance regulation. *J Sports Med Phys Fitness*. 1989;29(2):202–8.
34. Noakes TD, St Clair Gibson A. Logical limitation to the catastrophe models of fatigue during exercise in humans. *Br J Sports Med*. 2004;38(5):648–9.
35. Noakes TD. The central governor model of exercise regulation applied to the marathon. *Sports Med*. 2007;37(4-5):374–7.
36. Noakes TD. Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis. *Front Physiol*. 2012;3:82.
37. Ulmer HV. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. *Experientia*. 1996;52(5):416–20.
38. Mosso A. *Fatigue*. London: Allen & Unwin Ltd; 1915.
39. Hill AV, Long CNH, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. Parts VII–VIII. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1924;97:155–76.
40. Hill AV, Long CNH, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. Parts I–III. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1924;96:438–75.
41. Hill AV, Long CNH, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. Parts IV–VI. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1924;97:84–138.
42. Lambert EV, St Clair Gibson A, Noakes TD. Complex systems model of fatigue: Integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. *Br J Sports Med*. 2005;39(1):52–62.
43. Pageaux B, Marcora SM, Lepers R. Prolonged mental exertion does not alter neuromuscular function of the knee extensors. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(12):2254–64.
44. Bol Y, Duits AA, Hupperts RM, Vlaeyen JW, Verhey FR. The psychology of fatigue in patients with multiple sclerosis: A review. *J Psychosom Res*. 2009;66(1):3–11.
45. Shephard RJ. Is the measurement of maximal oxygen intake passé? *Br J Sports Med*. 2009;43(2):83–5.
46. Shephard RJ. Maximal oxygen intake and independence in old age. *Br J Sports Med*. 2009;43(5):342–6.
47. Weir JP, Beck TW, Cramer JT, Housh TJ. Is fatigue all in your head? A critical review of the central governor model. *Br J Sports Med*. 2006;40(7):573–86.
48. Marcora SM. Do we really need a central governor to explain brain regulation of exercise performance? *Eur J Appl Physiol*. 2008;104(5):929–31.
49. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(6):1042–7.
50. Conde-González J. La interacción de la carga de trabajo física y mental en la percepción de la fatiga física durante y después de un ejercicio físico hasta el agotamiento [tesis doctoral]. Granada: Universidad de Granada; 2011.
51. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14(5):377–81.
52. Borg GA. Ratings of perceived exertion and heart rates during short-term cycle exercise and their use in a new cycling strength test. *Int J Sports Med*. 1982;3(3):153–8.
53. Noble BJ, Borg GA, Jacobs I, Ceci R, Kaiser P. A category-ratio perceived exertion scale: Relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Med Sci Sports Exerc*. 1983;15(6):523–8.
54. Pandolf KB, Billings DS, Drolet LL, Pimental NA, Sawka MN. Differential ratings of perceived exertion and various physiological responses during prolonged upper and lower body exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1984;53(1):5–11.
55. Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport*. 2009;12(1):79–84.
56. Eston R, Evans HJ. The validity of submaximal ratings of perceived exertion to predict one repetition maximum. *J Sports Sci Med*. 2009;8(4):567–73.
57. Noakes TD. Rating of perceived exertion as a predictor of the duration of exercise that remains until exhaustion. *Br J Sports Med*. 2008;42(7):623–4.
58. Robertson RJ, Goss FL, Aaron DJ, Gairola A, Kowallis RA, Liu Y, et al. One repetition maximum prediction models for children using the OMNI RPE Scale. *J Strength Cond Res*. 2008;22(1):196–201.
59. Sgherza AL, Axen K, Fain R, Hoffman RS, Dunbar CC, Haas F. Effect of naloxone on perceived exertion and exercise capacity during maximal cycle ergometry. *J Appl Physiol*. 2002;93(6):2023–8.
60. Hutchinson JC, Tenenbaum G. Attention focus during physical effort: The mediating role of task intensity. *Psychol Sport Exerc*. 2007;8(2):233–45.
61. Morgan WP, Pollock ML. Psychologic characterization of the elite distance runner. *Ann N Y Acad Sci*. 1977;301:382–403.
62. Noble BJ, Metz KF, Pandolf KB, Cafarelli E. Perceptual responses to exercise: A multiple regression study. *Med Sci Sports*. 1973;5(2):104–9.
63. Sánchez-Delgado G, Conde-González J, Cárdenas D, Perales JC, Piñar I, De Teresa-Galván C, et al. La interacción de la carga física y mental en la percepción del esfuerzo durante y después de un ejercicio físico hasta el agotamiento en tapiz rodante. III Congreso Nacional y I Foro Mediterráneo de Psicología de la Actividad Física y el Deporte. Murcia: 20 al 31 de marzo de 2012.
64. Williamson JW, McCall R, Mathews D, Mitchell JH, Raven PB, Morgan WP. Hypnotic manipulation of effort sense during dynamic exercise: Cardiovascular responses and brain activation. *J Appl Physiol*. 2001;90(4):1392–9.
65. Levine BD. VO₂ max: What do we know, and what do we still need to know? *J Physiol*. 2008;586(1):25–34.
66. Morgan WP, Horstman DH, Cymerman A, Stokes J. Facilitation of physical performance by means of a cognitive strategy. *Cognit Ther Res*. 1983;7(3):251–64.
67. Morgan WP. Psychological factors influencing perceived exertion. *Med Sci Sports*. 1973;5(2):97–103.
68. Morgan WP, Hirta K, Weitz GA, Balke B. Hypnotic perturbation of perceived exertion: Ventilatory consequences. *Am J Clin Hypn*. 1976;18(3):182–90.
69. Díaz-Ocejo J, Mora-Mérida JA, Chapado F. Análisis de las estrategias cognitivas en la resistencia dinámica. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2009;9(34):114–39.
70. Weinberg RS, Gould D. *Foundations of sport and exercise psychology*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2003.
71. González-Suárez AM. Procesamiento cognitivo en la actividad deportiva de resistencia. *Rev Psicol Deporte*. 1996;5(2):7–18.
72. Bueno J, Capdevila L, Fernández-Castro J. Sufrimiento competitivo y rendimiento en deportes de resistencia. *Rev Psicol Deporte*. 2002;11(2):209–26.
73. Balagué N, Hristovski R, Aragonés D, Tenenbaum G. Nonlinear model of attention focus during accumulated effort. *Psychol Sport Exerc*. 2012;13(5):591–7.
74. Balagué N, Aragonés D, Hristovski R, García S, Tenenbaum G. El foco de atención emerge espontáneamente durante el ejercicio progresivo y máximo. *Rev Psicol Deporte*. 2014;23(1):57–63.
75. Tenenbaum G, Connolly CT. Attention allocation under varied workload and effort perception in rowers. *Psychol Sport Exerc*. 2008;9(5):704–17.
76. Williamson JW, Fadel PJ, Mitchell JH. New insights into central cardiovascular control during exercise in humans: A central command update. *Exp Physiol*. 2006;91(1):51–8.
77. Hilty L, Jäncke L, Luechinger R, Boutellier U, Lutz K. Limitation of physical performance in a muscle fatiguing handgrip exercise is mediated by thalamo-insular activity. *Hum Brain Mapp*. 2011;32(12):2151–60.
78. Hilty L, Langer N, Pascual-Marqui R, Boutellier U, Lutz K. Fatigue-induced increase in intracortical communication between mid/anterior insular and motor cortex during cycling exercise. *Eur J Neurosci*. 2011;34(12):2035–42.
79. Oosterwijk S, Lindquist KA, Anderson E, Dautoff R, Moriguchi Y, Barrett LF. States of mind: Emotions, body feelings, and thoughts share distributed neural networks. *Neuroimage*. 2012;62(3):2110–28.
80. Zaki J, Davis JL, Ochsner KN. Overlapping activity in anterior insula during interoception and emotional experience. *Neuroimage*. 2012;62(1):493–9.
81. Tanaka M, Watanabe Y. Supraspinal regulation of physical fatigue. *Neurosci Biobehav Rev*. 2012;36(1):727–34.

82. Fontes EB, Okano AH, de Guio F, Schabort EJ, Min LL, Basset FA, et al. Brain activity and perceived exertion during cycling exercise: An fMRI study. *Br J Sports Med.* 2015;49(8):556–60.
83. Vogt BA, Laureys S. Posterior cingulate, precuneal and retrosplenial cortices: Cytology and components of the neural network correlates of consciousness. *Prog Brain Res.* 2005;150:205–17.
84. Vogt B, editor. *Cingulate neurobiology and disease.* New York: Oxford University Press; 2009.
85. Mason MF, Norton MI, van Horn JD, Wegner DM, Grafton ST, Macrae CN. Wandering minds: The default network and stimulus-independent thought. *Science.* 2007;315(5810):393–5.
86. Pinniger CJ, Steele JR, Groeller H. Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function? *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(3):647–53.
87. Marcora S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart, and lungs. *J Appl Physiol.* 2009;106(6):2060–2.
88. Kahneman D. *Thinking fast and slow.* New York: Farrar, Strauss y Giroux; 2011.
89. Baddeley A. Working memory. *Science.* 1992;255(5044):556–9.
90. Paas F, Tuovinen JE, Tabbars H, van Gerven PWM. Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educ Psychol.* 2003;38(1):63–71.
91. Baumeister RF, Vohs KD, Tice DM. The strength model of self-control. *Curr Dir Psychol Sci.* 2007;16(6):351–5.
92. Hagger MS, Wood C, Stiff S, Chatzisarantis NL. Ego depletion and the strength model of self-control: A meta-analysis. *Psychol Bull.* 2010;136(4):495–525.
93. Baumeister RF. *The cultural animal: Human nature, meaning, and social life.* New York: Oxford University Press; 2005.
94. Hui SKA, Wright RA, Stewart CC, Simmons A, Eaton B, Nolte RN. Performance, cardiovascular, and health behavior effects of an inhibitory strength training intervention. *Motiv Emotion.* 2009;33:419–34.
95. Oaten M, Williams KD, Jones A, Zadro L. The effects of ostracism on self-regulation in the socially anxious. *J Soc Clin Psychol.* 2008;27(5):471–504.
96. Baumeister RF, Bratslavsky E, Muraven M, Tice DM. Ego depletion: Is the active self a limited resource? *J Pers Soc Psychol.* 1998;74(5):1252–65.
97. Muraven M, Baumeister RF, Tice DM. Longitudinal improvement of self-regulation through practice: Building self-control strength through repeated exercise. *J Soc Psychol.* 1999;139(4):446–57.
98. Kurzban R, Duckworth A, Kable JW, Myers J. An opportunity cost model of subjective effort and task performance. *Behav Brain Sci.* 2013;36(6):661–79.
99. Marcora SM, Staiano W, Manning V. Mental fatigue impairs physical performance in humans. *J Appl Physiol.* 2009;106(3):857–64.
100. Stults-Kolehmainen MA, Bartholomew JB. Psychological stress impairs short-term muscular recovery from resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(11):2220–7.
101. Bray SR, Graham JD, Martin Ginis KA, Hicks AL. Cognitive task performance causes impaired maximum force production in human hand flexor muscles. *Biol Psychol.* 2012;89(1):195–200.
102. Smith MR, Marcora SM, Coutts AJ. Mental fatigue impairs intermittent running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(8):1682–90.
103. Cárdenas D, Perales JC, Chiroso LJ, Conde J, Aguilar D, Araya S. The effect of mental workload on the intensity and emotional dynamics of perceived exertion. *An Psicol (Spain).* 2013;29(3):662–73.
104. Xu X, Demos KE, Leahey TM, Hart CN, Trautvetter J, Coward P, et al. Failure to replicate depletion of self-control. *PLoS One.* 2014;9(10):e109950.
105. Inzlicht M, Schmeichel BJ, Macrae CN. Why self-control seems (but may not be) limited. *Trends Cogn Sci.* 2014;18(3):127–33.
106. Gailliot MT, Baumeister RF, DeWall CN, Maner JK, Plant EA, Tice DM, et al. Self-control relies on glucose as a limited energy source: Willpower is more than a metaphor. *J Pers Soc Psychol.* 2007;92(2):325–36.
107. Molden DC, Hui CM, Scholer AA, Meier BP, Noreen EE, D'Agostino PR, et al. Motivational versus metabolic effects of carbohydrates on self-control. *Psychol Sci.* 2012;23(10):1137–44.
108. Benton D, Parker PY, Donohoe RT. The supply of glucose to the brain and cognitive functioning. *J Biosoc Sci.* 1996;28(4):463–79.
109. Donohoe RT, Benton D. Cognitive functioning is susceptible to the level of blood glucose. *Psychopharmacology.* 1999;145(4):378–85.
110. Kennedy DO, Scholey AB. Glucose administration, heart rate and cognitive performance: Effects of increasing mental effort. *Psychopharmacology.* 2000;149(1):63–71.
111. Gailliot MT, Baumeister RF. The physiology of willpower: Linking blood glucose to self-control. *Pers Soc Psychol Rev.* 2007;11(4):303–27.
112. Dewall CN, Baumeister RF, Gailliot MT, Maner JK. Depletion makes the heart grow less helpful: Helping as a function of self-regulatory energy and genetic relatedness. *Pers Soc Psychol Bull.* 2008;34(12):1653–62.
113. Dvorak RD, Simons JS. Moderation of resource depletion in the self-control strength model: Differing effects of two modes of self-control. *Pers Soc Psychol Bull.* 2009;35(5):572–83.
114. Gailliot MT, Peruche BM, Plant EA, Baumeister RF. Stereotypes and prejudice in the blood: Sucrose drinks reduce prejudice and stereotyping. *J Exp Soc Psychol.* 2009;45(1):288–90.
115. Masicampo EJ, Baumeister RF. Toward a physiology of dual-process reasoning and judgment: Lemonade, willpower, and expensive rule-based analysis. *Psychol Sci.* 2008;19(3):255–60.
116. Oliveira B, Amieiro N, Resende N, Barreto R. *Mourinho: Porquê tantas vitórias?* Lisboa: Gradiva; 2006.
117. Englert C, Bertrams A, Furley P, Oudejans RR. Is ego depletion associated with increased distractibility? Results from a basketball free throw task. *Psychol Sport Exerc.* 2015;18:26–31.
118. Cárdenas D, Perales JC, Alarcón FJ. La planificación del entrenamiento para la toma de decisiones en los deportes de equipo. En: Del Villar F, García L, editores. *El entrenamiento táctico y decisional en el deporte.* Madrid: Síntesis; 2015. p. 264–89.
119. Buceta JM. *Psicología del entrenamiento deportivo.* Madrid: Dykinson; 1998.
120. Bradley MM, Lang PJ. Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *J Behav Ther Exp Psychiatry.* 1994;25(1):49–59.
121. Hart SG, Staveland LE. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. En: Hancock PA, Meshkati N, editores. *Human Mental Workload.* Amsterdam: North Holland Press; 1988.
122. De Arquer MI, Nogareda C. NTP 544: Estimación de la carga mental del trabajo: el Método NASA-TLX. Madrid: Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del Gobierno de España; 2000.
123. Ekkekakis P, Parfitt G, Petruzzello SJ. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: Decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. *Sports Med.* 2011;41(8):641–71.
124. Márquez S. Estrategias de afrontamiento del estrés en el ámbito deportivo: fundamentos teóricos e instrumentos de evaluación. *Int J Clin Hlth Psych.* 2006;6(2):359–78.
125. Nicholls AR, Polman RC. Coping in sport: A systematic review. *J Sports Sci.* 2007;25(1):11–31.



Caso clínico

Caso clínico: tratamiento quirúrgico de la neuropatía cubital por pseudoartrosis del gancho del hueso ganchoso



A. León Garrigosa*

Instituto de Traumatología Deportiva de la Costa del Sol, Marbella, Málaga, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 6 de agosto de 2016

Aceptado el 14 de noviembre de 2016

Palabras clave:

Apófisis unciforme

Hueso ganchoso

Neuropatía cubital

R E S U M E N

Objetivo: Presentar el caso de un varón, jugador de tenis, con dolor en la muñeca asociado a neuropatía cubital en el canal de Guyon, sin historia de traumatismo conocido.

Método: La valoración incluyó datos clínicos, de imagen y de función nerviosa. El estudio neurofisiológico confirmó la neuropatía cubital, pero ni la radiología convencional ni la ecografía proporcionaron un diagnóstico etiológico, para lo que precisamos tomografía axial computerizada.

El paciente fue intervenido mediante abordaje volar, apertura del canal de Guyon y osteosíntesis con dos tornillos de 1.5 mm de diámetro.

Resultados: La recuperación clínica y la consolidación de la pseudoartrosis se alcanzaron a los cuatro meses del procedimiento.

Conclusiones: El dolor en el margen cubital de la mano, con tenosinovitis flexora de los tendones del cuarto y quinto dedos y/o manifestaciones de neuropatía cubital distal, cuando se produce en pacientes que practican deporte de empuñadura, obliga a realizar tomografía axial computerizada, y, si hay pseudoartrosis del gancho del hueso ganchoso, intentar su osteosíntesis.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Clinical case: surgical treatment for ulnar neuropathy due to pseudoarthrosis of the hook of the hamate

A B S T R A C T

Objective: To present the case of a male tennis player, with wrist pain and ulnar neuropathy in the Guyon's canal, without known trauma history.

Method: The assessment included clinical data, imaging and nerve function study. The neurophysiological study confirmed ulnar neuropathy, but neither conventional radiology nor ultrasound provided an etiologic diagnosis, achieved only with the use of computed tomography scan.

The patient was operated via volar approach, Guyon's canal opening and osteosynthesis with two 1.5 mm diameter screws.

Results: The clinical recovery and the consolidation of the pseudoarthrosis occurred at four months after the procedure.

Conclusions: Pain in the ulnar border of the hand in association with flexor tenosynovitis of the fourth and fifth fingers and/or signs of distal ulnar neuropathy, in patients practicing sports that involves hand grip, forces to perform computed tomography scan, and if it shows a pseudoarthrosis of the hook of the hamate, osteosynthesis should be tried.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Uncinate process

Hamate

Ulnar neuropathy

* Autor para correspondencia. Urbanización Villas & Golf 17, Guadalmina Alta, San Pedro de Alcántara 29670. Marbella, Málaga. España.
Correo electrónico: cotleon@gmail.com

Caso clínico: tratamiento cirúrgico da neuropatía ulnar no canal de guyon, devido à não-união do gancho do hamato

R E S U M O

Palavras-chave:
Processo uncinado
Hamato
Neuropatía ulnar

Objetivo: Apresentamos o caso de um jogador de ténis masculino, com dor no punho associada a neuropatía ulnar no canal do Guyon, sem histórico de trauma conhecido.

Método: A avaliação incluiu dados clínicos, de imagem e função nervosa. O estudo neurofisiológico confirmou neuropatía ulnar mas nem a radiologia convencional ou ultrassonografia, proporcionaram um diagnóstico etiológico, obtido apenas com o uso de tomografia computadorizada.

O paciente foi operado por abordagem volar, abertura do canal Guyon e osteossíntese com dois rafusos de 1.5 mm diâmetro.

Resultados: Recuperação clínica e consolidação da pseudoartrose foi alcançada em quatros após o procedimento.

Conclusões: A dor na margem ulnar da mão associada com tenossinovite dos flexores dos tendões dos quarto e quinto dedos e/ou manifestações de neuropatía ulnar distal, quando ocorre em pacientes que praticam esportes de empulhadura, é uma indicação para realizar tomografia computadorizada e se houver pseudoartrose, tentar a sua osteossíntese.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Las fracturas del carpo son poco frecuentes y, de ellas, las del ganchoso suponen solo el 2-4%.

El incremento de la participación en deportes en los que se emplean palos, bates, raquetas... se ha asociado con una mayor prevalencia¹⁻³. Estas fracturas se dan con mayor frecuencia en el golf y suponen hasta un tercio de los casos⁴.

La apófisis unciforme del ganchoso proporciona inserción para ligamentos y músculos intrínsecos de la mano, además actúa como polea de reflexión para los tendones flexores profundos de los dedos 4.º y 5.º². Los mecanismos de lesión pueden ser:

- Directos: impacto sobre la región hipotenar^{1,2,5,6}.
- Indirectos: transmisión de fuerzas, fundamentalmente en hiperextensión⁷.
- Fracturas de estrés: por microtraumatismos repetidos en la eminencia hipotenar⁸.

El ganchoso recibe tres troncos arteriales: dos para el cuerpo y uno para el gancho, que no se anastomosa con ellos¹. Aunque la vascularización es rica en el borde radial de la base de la apófisis unciforme, no es así en otras zonas, por lo que en el 30% de los casos, una fractura privará al gancho de aporte vascular². Su proximidad con el nervio cubital explica que se asocie a manifestaciones neurológicas del mismo en el 25% de los casos² y con menos frecuencia del nervio mediano¹.

Como las partes blandas de la eminencia hipotenar dificultan su palpación⁵, Wright et al.⁹ propusieron la tracción del gancho de ganchoso (*hook of the hamate pull test*), que consiste en resistir la flexión de los dedos cuarto y quinto mientras se mantiene la muñeca en desviación cubital y que se considera positiva si reproduce el dolor.

El diagnóstico requiere confirmación con pruebas de imagen, y no son infrecuentes las dilaciones diagnósticas. La falta de evidencia en la literatura sobre el manejo de estas lesiones explica que haya distintas propuestas terapéuticas, de difícil comparación.

Caso clínico

Varón de 34 años que consultó por dolor con parestesias en el borde cubital de la mano y dedos cuarto y quinto derechos de dos semanas de evolución, después de un campeonato de tenis.

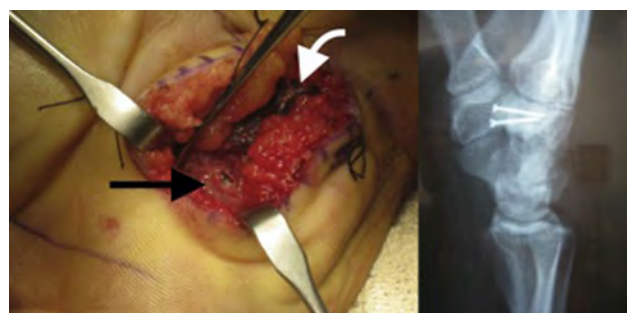


Figura 1. Correlación entre la cirugía y la radiología. Abordaje volar, exposición de la apófisis unciforme y osteosíntesis con dos tornillos de 1.5 mm de diámetro (flecha negra), tras disección del paquete neurovascular cubital (flecha blanca). Control radiográfico con reducción anatómica de la apófisis unciforme y osteosíntesis con dos tornillos.

Presentaba edema difuso en cara volar de la zona cubital de la muñeca y mano, con Tinnel positivo sobre el pisiforme.

La radiología y la ecografía fueron normales. Tras infiltrarle un corticoide con anestésico local, fue inmovilizado con muñequera en posición neutra. El estudio neurofisiológico mostró una neuropatía compresiva del nervio cubital en el canal de Guyon. El paciente recibió tratamiento sintomático con crioterapia, ortesis, analgésicos complejo vitamínico B y fisioterapia.

En la Tomografía Axial Computerizada (TAC) de muñeca, solidada por persistencia de dolor a los nueve meses, mostró una pseudoartrosis de la apófisis unciforme del ganchoso, con fragmento de gran tamaño. Fue intervenido mediante abordaje palmar, disección de paquete neurovascular cubital, cruentado del lecho de pseudoartrosis y osteosíntesis con dos tornillos de titanio de 1.5 mm de diámetro *Compact Hand* (Synthes®) (fig. 1).

Mantuvo una férula antebraquial, incluyendo los dedos, durante tres semanas, al cabo de las cuales comenzó la fisioterapia.

A los cuatro meses de la cirugía, el paciente estaba libre de síntomas, salvo hipoestesia del cuarto dedo, con movilidad completa, fuerza recuperada y reincorporación a su actividad laboral (de fuerza) y deportiva.

La TAC a los dos meses, y la radiografía a los tres, mostraron una fusión parcial. Una nueva TAC a los cuatro meses demostró la unión completa.

Discusión

Las fracturas de la apófisis unciforme del ganchoso son muy poco frecuentes. Como no siempre hay un antecedente traumático claro, y los síntomas pueden ser vagos, muchos pacientes continúan su actividad. El diagnóstico diferencial incluye lesiones de: las articulaciones radiocubital distal, piso-piramidal, complejo del fibrocartilago triangular, ligamento interóseo semiluno-piramidal, y flexor carpi ulnaris⁷. El diagnóstico requiere realizar pruebas de imagen.

La radiografía simple tiene un rendimiento pobre; para mejorarlo, asociaremos las proyecciones oblicua supinada o del túnel del carpo^{1,2,5,10}. Como el dolor dificulta su realización en fase aguda, la efectividad es del 80% (sensibilidad = 72.2%, especificidad = 88.8%) y el retraso diagnóstico oscila entre 1.5 y 16 meses^{5,11}.

La ecografía, aplicando el protocolo descrito por Celi et al.⁶, permite detectar lesiones no evidentes en la radiografía, aunque el rendimiento de esta prueba no está comunicado.

La gammagrafía mostrará un aumento de captación carpiano, pero su especificidad es baja y por tanto su utilidad limitada^{6,8}.

La resonancia magnética (RM) puede detectar edema óseo, evaluar los tendones flexores y establecer la viabilidad del fragmento fracturado, pero está lastrada por los falsos negativos para la detección de la fractura^{2,6,8}.

La tomografía⁹, y sobre todo la TAC comparativa (ambos carpos a la vez colocando las manos juntas en posición de plegaria)⁷, es considerada la prueba de elección con sensibilidad del 100%, especificidad del 98.4% y efectividad del 97.2%^{1,2,4,6-8}.

Milch clasificó estas fracturas según la localización del trazo en el cuerpo o en el gancho¹², entre las que podemos diferenciar tres subtipos¹³: la distales, Ib centrales y Ic proximales (suponen más del 75% encontrados en la literatura). En 2011 con TAC se describió la «fusión parcial sintomática», consistente en la fusión del margen cubital, pero no del radial desplazado por los tendones flexores^{2,14}.

Las fuerzas intermitentes que transmiten las inserciones, sumadas al riesgo de interrupción del aporte vascular, justifican la alta frecuencia de pseudoartrosis, complicaciones neurovasculares y rotura de tendones flexores (entre el 15-17%)^{2,5}.

En fracturas con menos de siete días de evolución, no desplazadas, sin conminución y de estrés diagnosticadas precozmente, está indicada la inmovilización enyesada 6-12 semanas, aunque ello no excluye la posibilidad de necesitar intervención posteriormente⁸.

Aunque Whalen et al.¹⁶ publicaron un 87.5% de consolidaciones con tratamiento ortopédico¹⁵, en otras series esto solo se logró en el 17% de los casos¹⁶.

En el resto de los casos, y en el deportista, la cirugía es el tratamiento de primera elección¹³, pero no hay consenso acerca de la técnica a realizar. Si bien la escisión del fragmento se considera el patrón oro pues los tiempos de inmovilización son menores^{2,3,7}, su preservación puede aportar ventajas funcionales. Pero solo hay publicado un estudio biomecánico que demuestra una reducción de fuerza de empuñamiento de los tendones flexores tras la exéresis¹⁷, y en los trabajos clínicos publicados no se ha observado pérdida de fuerza¹⁴ ni evidencia de que la función sea mejor con la osteosíntesis que con la escisión.

No se ha demostrado que la resección subperióstica, propuesta clásicamente, reduzca el riesgo de daño de la rama motora del nervio cubital, y la tasa de complicaciones de la resección, auto-comunicada por especialistas de la Sociedad Americana de Cirugía de la Mano, es del 3%, similar a la de la osteosíntesis abierta².

La clasificación de Milch tiene relevancia terapéutica¹. Xiong et al.¹⁸ proponen el manejo conservador de las lesiones del extremo de la apófisis unciforme, la reducción abierta y osteosíntesis en las lesiones de su base, así como el manejo quirúrgico precoz en las lesiones de la cintura, por su elevado índice de complicaciones. Scheufler et al.¹³ recomiendan la escisión en las fracturas distales y la osteosíntesis en las proximales. La fusión parcial sintomática debe considerarse como una pseudoartrosis y David et al.¹⁴ proponen su fijación¹⁴.

La vía volar que permite la visualización directa de las estructuras neurovasculares implica un riesgo de lesiones vasculonerviosas¹⁹. Para evitarlo, Scheufler et al.¹⁹ han descrito el abordaje mínimamente invasivo y la fijación dorsal con tornillos canulados a compresión de 3 mm de diámetro, técnica que es aplicable en el 75% de los casos. Permite el movimiento inmediato, obtiene la consolidación en todos sus pacientes, que recuperan la funcionalidad y logran excelentes resultados en el DASH (*Disability of the Arm, Shoulder and Hand*). La difusión de este enfoque debe generalizarse, para reducir la iatrogenia y mejorar los resultados.

En la tabla 1 mostramos el resumen de las técnicas de diagnóstico y tratamiento empleadas por distintos autores.

En nuestro caso, el gran tamaño del fragmento y la localización de la pseudoartrosis en la base nos decidieron a intentar la osteosíntesis, usando la vía volar para además explorar y liberar el nervio cubital. No hemos encontrado otros casos en los que se hayan empleado dos tornillos para el tratamiento de una pseudoartrosis sintomática de la apófisis unciforme del ganchoso, técnica que elegimos para favorecer la compresión interfragmentaria y minimizar el riesgo de rotación. Nuestro paciente recuperó la movilidad completamente, sin déficit de fuerza. La hipoestesia del cuarto dedo se

Tabla 1
Resumen de técnicas de diagnóstico y tratamiento por autores

Autor	N	Rx	Imagen	Material	Demora ^a	Complicaciones
Lozano et al. ¹	1	-	TAC+	Tornillo 1.5	0	-
Milch ¹²	1	-	TAC+	Tornillo 1.5	0	-
Murray et al. ⁵	1	+	Tomografía	Yeso	6 meses	-
	1	-	Tomografía	-	10 meses	-
	1	-	Tomografía	Escisión	6 meses	-
Stark et al. ²⁰	20	Carpal	-	Escisión 18/20	5.8 meses	2% n. cub.
Gill y Rendeiro ¹⁰	1	Carpal	-	Escisión	6 meses	-
Celi et al. ⁶	1	-	Ecografía	Escisión	4 meses	-
Scheufler et al. ^{4,16,19}	8	50%	7 TAC+, 2 RM+	Escisión n = 4/Orif. n = 3	Dir. 2 sem.	100% cons.
	17	-	TAC+	Escisión n = 10/Orif. n = 5	Indir. 1-4 años	-
	6	Ap, oblicua, carpal	TAC+	Canul. 3 mm	2-10 sem.	100% cons. DASH
David et al. ¹⁴	8	-	TAC+	Escisión	22 sem.	12% n. cub.
Guha y Marynissen ⁸	1	-	RM+	Yeso	2 sem.	-
Ardévol y Henríquez ³	1	Carpal	TAC+	Yeso/Escisión	6 sem.	-

Canul.: tornillo canulado; cons.: consolidación; DASH: *Disability of the Arm, Shoulder and Hand*; N: número de casos; n. cub.: presencia de neuropatía cubital; RM+: resonancia magnética positiva; Rx-: radiografía negativa; Orif.: reducción abierta y fijación interna; sem.: semana; TAC+: tomografía axial computarizada positiva; Ap: anteroposterior; Dir.: directa; Indir.: indirecta.

^a Demora: implica el tiempo transcurrido desde la lesión hasta el tratamiento definitivo, en las complicaciones.

mantuvo, no obstante el signo de Tinnel progresó desde la muñeca hasta la segunda falange en cuatro meses, momento en el que demostramos con TAC la consolidación completa.

Conclusiones

1. El dolor medial de la mano, en el deportista con empuñamiento, que asocie manifestaciones de neuropatía cubital distal requiere TAC.
2. Las limitaciones diagnósticas determinan altas tasas de complicaciones.
3. La cirugía tiene más indicaciones que el tratamiento conservador.
4. Aunque no hay consenso, salvo en fragmentos pequeños, defendemos la osteosíntesis.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Lozano E, Díaz LC, Fletscher G. Fractura del gancho del ganchoso: reporte de casos. *Rev Col Or Tra.* 2013;27:62-6.
2. O'Shea K, Weiland AJ. Fractures of the hamate and pisiform bones. *Hand Clin.* 2012;28(3):287-300.
3. Ardèvol J, Henríquez A. Hook of the hamate nonunion: Suspicion of stress-induced mechanism in a hockey player. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2002;10(1):61-3.
4. Scheufler O, Kamusella P, Tadda L, Radmer S, Russo SG, Andresen R. High incidence of hamate hook fractures in underwater rugby players: Diagnostic and therapeutic implications. *Hand Surg.* 2013;18(3):357-63.
5. Murray WT, Meuller PR, Rosenthal DI, Jauernek RR. Fracture of the hook of the hamate. *Am J Roentgenol.* 1979;133(5):899-903.
6. Celi J, de Gautard G, della Santa J-D, Bianchi S. Sonographic diagnosis of a radiographically undiagnosed hook of the hamate fracture. *J Ultrasound Med.* 2008;27(8):1235-9.
7. Papp S. Carpal bone fractures. *Orthop Clin North Am.* 2007;38(2):251-60, vii.
8. Guha AR, Marynissen H. Stress fracture of the hook of the hamate. *Br J Sports Med.* 2002;36(3):224-5.
9. Wright TW, Moser MW, Sahajpal DT. Hook of hamate pull test. *J Hand Surg Am.* 2010;35(11):1887-9.
10. Gill NW, Rendeiro DG. Hook of the hamate fracture. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(5):325.
11. Andresen R, Radmer S, Sparmann M, Bogusch G, Banzer D. Imaging of hamate bone fractures in conventional x-rays and high-resolution computed tomography: an in vitro study. *Invest Radiol.* 1999;34(1):46-50.
12. Milch H. Fracture of the hamate bone. *J Bone Joint Surg Am.* 1934;(2):459-62.
13. Hirano K, Inoue G. Classification and treatment of hamate fractures. *Hand Surg.* 2005;10(2-3):151-7.
14. David TS, Zemel NP, Mathews PV. Symptomatic, partial union of the hook of the hamate fracture in athletes. *Am J Sports Med.* 2003;31(1):106-11.
15. Whalen JL, Bishop AT, Linscheid RL. Nonoperative treatment of acute hamate hook fractures. *J Hand Surg Am.* 1992;17(3):507-11.
16. Scheufler O, Radmer S, Erdmann D, Germann G, Pierer G, Andresen R. Therapeutic alternatives in nonunion of hamate hook fractures: Personal experience in 8 patients and review of literature. *Ann Plast Surg.* 2005;55(2):149-54.
17. Demirhan F, Calandruccio JH, DiAngelo D. Biomechanical evaluation of flexor tendon function after hamate hook excision. *J Hand Surg Am.* 2003;28(1):138-43.
18. Xiong G, Dai L, Zheng W, Sun Y, Tian G. Clinical classification and treatment strategy of hamate hook fracture. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci.* 2010;30:762-6.
19. Scheufler O, Radmer S, Andresen R. Dorsal percutaneous cannulated mini-screw fixation for fractures of the hamate hook. *Hand Surg.* 2012;17(2):287-93.
20. Stark HH, Jobe FW, Boyes JH, Ashworth CR. Fracture of the hook of the hamate in athletes. *J Bone Joint Surg Am.* 1977;59(5):575-82.



ISSP 14TH WORLD CONGRESS SEVILLA 2017

SPORT PSYCHOLOGY
10 - 14 July
www.issp2017.com

Major themes of the 14th ISSP World Congress

- I. Sport and Exercise Psychology in 21st Century
- II. Professional Development in Sport and Exercise Psychology
- III. Facilitating Careers in Sport and Psychological Growth through Sport and Exercise
- IV. Psychological Processes and Performance Enhancement in Sport and Other Performance Domains
- V. Social Psychological Issues in Sport and Exercise
- VI. Health and Well-being in Sport
- VII. Psychology of Exercise and Health
- VIII. New Technologies and Diagnostics in Sport
- IX. Psychological Interventions in Sport, Exercise and Other Contexts
- X. Neuroscience in Sport

OBJECTIVES

Promotion and enhancement of the Sport Psychology and the ISSP. Consolidation of the Sport Psychology and ISSP in Latin America, Africa and the Middle East.

Improve the internationalization of the participants.

Stimulating interaction between keynote speakers, ISSP members and young people.

Special attention: Psychology students, psychologists with special needs, women and developing countries.

Accommodation

NH COLLECTION SEVILLA OFFICIAL HOTEL

NH Collection Sevilla is a hotel with an open-air swimming pool, digital TV and free WiFi access. Congress venue and metro, bus and tram stops can be found just 100 metres from the hotel.

PROMOTIONAL PACKAGE FOR THE ISSP WORLD CONGRESS SEVILLA 2017

325 €

4 NIGHTS
B&B
HOTEL NH COLLECTION SEVILLA 4*
DOUBLE ROOM
TRANSFER SERVICE
AIRPORT - HOTEL
HOTEL - AIRPORT
SEVILLA CARD
VALID FOR 5 DAYS (July 10-14)

450 €

4 NIGHTS
B&B
HOTEL NH COLLECTION SEVILLA 4*
SINGLE ROOM
TRANSFER SERVICE
AIRPORT - HOTEL
HOTEL - AIRPORT
SEVILLA CARD
VALID FOR 5 DAYS (July 10-14)

This offer is only available for the first 100 bookings

Scientific Programme

Keynote Lectures
Thematic Symposia
Poster Sessions
Scientific Debates
Pre-Congress Workshops
University Pablo de Olavide

Bring your poster to the Congress

All those who want to share their knowledge about any area related to the theme of the Congress will be welcome. A special room within the Congress will be specifically destined to this. To ease this process, the Congress offers the possibility to print the poster in Seville.

Registration fees

Registration Category	Paid Before 30/04/2017	Paid Before 30/04/2017 to 30/06/2017	On-site Registration
DELEGATE FEE	Non Membership	420 €	465 €
	Membership	375 €	420 €
* LOWERED FEE	Non Membership	255 €	330 €
	Membership	220 €	290 €
STUDENT FEE	Non Membership	220 €	290 €
	Membership	200 €	270 €
Accompanying person	90 €	90 €	90 €

*Delegates of developing countries

Official language: English.

Nevertheless, there will also be activities in Spanish.

For more information please contact us through the website: www.issp2017.com

ORGANIZING BRANDS ISSP 2017



Many institutions are collaborating in the organisation of this event. Their cooperation will make this event possible.



¿Prácticas deporte?

¿Gestionas deporte?

ANDALUCÍA DEPORTE

 Actualidad  Eventos  Instalaciones  Recursos

**ENTRA Y PARTICIPA.
DÉJATE SORPRENDER**

www.andaluciaesdeporte.org





JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERÍA DE TURISMO Y DEPORTE

CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

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

Teléfono
955 540 186

Fax
955 540 623

e-mail
camd.sevilla.ctd@juntadeandalucia.es