

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 6 Número. 4

Diciembre 2013



RAMD

Originales

Reliability of maximum heart rate in match's and comparison with predicted in young soccer players

Análisis de la pronación global de miembros inferiores completos en deportistas de edad escolar

Efectos de un programa multiprofesional de tratamiento de la obesidad sobre los factores de riesgo para síndrome metabólico en niños prepúberes, púberes y adolescentes: diferencias entre géneros

Performance da equipe do Barcelona e seus adversários nos jogos finais da Champions League e da Copa do Mundo de Clubes FIFA 2010

Validade e reprodutibilidade de receptores para o GPS em relação à distância percorrida

Revisión

Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar

Comunicaciones III Seminario SAMEDE: "Deporte y salud"

ISSN: 1888-7546



Incluida en:



Reconocida por:



Equipos Pruebas de Esfuerzo, Isocinéticos y Ondas de choque

Pruebas de Esfuerzo **Ultima Cardio2**



Medical Graphics le ofrece el equipo más versátil y completo para Pruebas de Esfuerzo, Ultima Cardio2.

Este equipo combina la tecnología de gases de Medical Graphics con el ECG de 12 derivaciones más avanzado del mercado, Mortara Instruments.

Más información: www.sanro.com / 91 352 92 44

Isocinético **HUMAC NORM**



En un sólo Equipo, el HUMAC NORM ofrece 22 tipos de evaluaciones-entrenamientos con cuatro modos de trabajo diferentes: Isocinético, isotónico, isométrico y pasivo. El equipo dispone de una amplia variedad de informes: isométrico, narrativo (Isométrico e isocinético), comparativo (curvas superpuestas), propiocepción, coordinación, tiempo de respuesta, repetitividad.

Más información: www.sanro.com / 91 352 92 44

Ondas de Choque **BTL**



Los equipos de Ondas de choque radiales BTL, le ofrecen en un equipo portátil y fácil de usar una alta tecnología. BTL 5000 SWT Power, 5 bares y 22 Hz de frecuencia. BTL 6000 SWT, 4 bares y 15 Hz de frecuencia.

Más información: www.sanro.com / 91 352 92 44

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Edita

Centro Andaluz de Medicina del Deporte.
Consejería de Cultura y Deporte

Dirección

Leocricia Jiménez López
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

Salvador Espinosa Soler
Clemente Rodríguez Sorroche

Comité Editorial

José Ramón Alvero Cruz
(Universidad de Málaga, España)

Eloy Cárdenas Estrada
(Universidad de Monterrey, México)

José Alberto Duarte
(Universidade do Porto, Portugal)

Russell Fouk
(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)

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)

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 Jerónimo dos Santos Silva
(Universidade Federal de Sergipe, Brasil)

David Jiménez Pavón
(Universidad de Zaragoza, España)

Carlos Lago Peñas
(Universidad de Vigo, España)

Covadonga López López
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, 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)



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

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

Publicación trimestral (4 números al año).

© Copyright 2013 Centro Andaluz de Medicina del Deporte
Glorieta Beatriz Manchón, s/n (Isla de la Cartuja) 41092 Sevilla

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

Ni Elsevier ni el CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE 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., 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)

NUEVO



**Lactate
Scout+**

ANALIZADOR DE LACTATO

Nueva versión del analizador de "Lactate Scout+" **con bluetooth incorporado**. Para supervisiones médicas y diagnóstico en medicina del deporte. Alternativa flexible y económica al análisis de laboratorio. Acreditación CE como aparato de diagnóstico médico.



- :: Volumen de muestra necesario: 0,5 microlitros
- :: Tiempo de análisis: 10 segundos
- :: Peso total: 85 gramos
- :: Memoria: 250 resultados con fecha y hora

Pero además, el nuevo Lactate Scout+ incorpora entre otras las siguientes características diferenciadoras:

- :: **Chip interno que permite la transmisión de datos vía Bluetooth**
- :: **Nueva pantalla LCD con mejor visibilidad**
- :: **Nuevo Menú con fácil acceso**
- :: **Estanqueidad total de la estructura del analizador**



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 6 Número 4

Diciembre 2013

Sumario

Originales

- 129 Reliability of maximum heart rate in match's and comparison with predicted in young soccer players
C. Diniz Silva, M. Santos Cerqueira, D. Gomes Moreira y J. Carlos Bouzas Marins
- 135 Análisis de la pronación global de miembros inferiores completos en deportistas de edad escolar
C. García Antúnez, B. de la Cruz Torres, M. D. Sánchez López y M. Albornoz Cabello
- 139 Efectos de un programa multiprofesional de tratamiento de la obesidad sobre los factores de riesgo para síndrome metabólico en niños prepúberes, púberes y adolescentes: diferencias entre géneros
J. A. Alves Bianchini, D. Fernandes da Silva, C. A. Lopera, A. Rui Matsuo, V. Drieli Seron Antonini y N. Nardo Junior
- 146 Validade e reprodutibilidade de receptores para o GPS em relação à distância percorrida
A. Moreira, E.C. Costa, L. Lodo, C.G. Freitas, A.F.S. Arruda y M.S. Aoki

Revisión

- 151 Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar
R. Gómez-Campos, M. de Arruda, E. Hobold, C. P. Abella, C. Camargo, C. Martínez Salazar y M. A. Cossio-Bolaños
- 161 **Comunicaciones III Seminario SAMEDE: "Deporte y salud"**

Normas de Publicación de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Actualizadas en octubre de 2012



CONSIDERACIONES GENERALES

La Revista Andaluza de Medicina del Deporte (ISSN: 1888-7546) es la publicación oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (órgano dependiente de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte, Junta de Andalucía). Su periodicidad es cuatrimestral. Se considerarán para publicación aquellos trabajos originales, enviados exclusivamente a la Revista que estén relacionados con las Ciencias del Deporte. Todas las contribuciones originales serán evaluadas de forma anónima (doble ciego) por revisores expertos externos designados por el Editor.

Los manuscritos deben elaborarse siguiendo las recomendaciones del Comité Internacional de Directores de Revistas Médicas, disponibles en <http://www.icmje.org/faq.pdf>

ENVÍO DE MANUSCRITOS

Los manuscritos deben remitirse por vía electrónica a través del *Elsevier Editorial System* (EES) en la dirección <http://ees.elsevier.com/ramd>, donde se encuentra la información necesaria para realizar el envío. La utilización de este recurso permite seguir el estado del manuscrito a través la página web. El manuscrito se debe acompañar de una carta de presentación redactada en la sección **Enter Comments** del EES.

CARTA DE PRESENTACIÓN

Todos los manuscritos deben ir acompañados necesariamente de una carta de presentación que se incluirá en la sección **Attach Files** del EES, en la que además de incluir el título del trabajo se indique: 1) La sección de la revista en la que se desea publicar el trabajo. 2) La declaración de que el trabajo es original y no se encuentra en proceso de evaluación por ninguna otra revista científica. 3) La explicación, en un párrafo como máximo, de cuál es la aportación original y la relevancia del trabajo en el área de la revista. 4) La declaración de que los autores han tenido en cuenta las "Responsabilidades éticas" incluidas en estas normas. 5) La declaración de cualquier beca (técnica o económica) de una institución. 6) La confirmación de que los autores firmantes cumplen los requisitos de autoría (es opcional declarar el grado de participación) conforme a lo recogido en el apartado de "Autoría" de estas normas y conforme con lo han declarado en el EES. 7) En el supuesto de que parte del artículo hubiera sido previamente publicado en otra revista (publicación redundante o duplicada), se deberán especificar aquí los detalles y declarar que se está en posesión de los permisos de publicación necesarios por parte del autor y el editor de la misma. 8) La declaración en este punto por cada uno de los autores de la existencia o no de conflicto de intereses y la confirmación de su declaración en la sección **Additional Information** del EES.

OBLIGACIONES DEL AUTOR

1. Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Cuando se describen experimentos que se han realizado en seres humanos se debe indicar si los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable (institucional o regional) y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki disponible en: <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/>.

Confidencialidad. El autor tiene la obligación de garantizar que se ha cumplido la exigencia de haber informado a todos los pacientes incluidos en el estudio y de haber obtenido su consentimiento informado por escrito para participar en el mismo.

Privacidad. El autor es responsable de garantizar asimismo el derecho a la privacidad de los pacientes, protegiendo su identidad tanto en la redacción de su artículo como en las imágenes.

2. Financiación

Los autores deberán declarar la procedencia de cualquier ayuda económica recibida, reconocer si la investigación ha recibido financiación de los *US National Institutes of Health* o si alguno de los autores pertenece al *Howard Hughes Medical Institute*.

3. Autoría

En la lista de autores deben figurar únicamente aquellas personas que han contribuido intelectualmente al desarrollo del trabajo y que han participado de forma relevante en el diseño y desarrollo de éste.

4. Conflicto de intereses

Existe un conflicto de intereses cuando el autor tuvo/tiene relaciones económicas o personales que han podido sesgar o influir inadecuadamente sus actuaciones.

5. Obtención de permisos

Los autores son responsables de obtener los oportunos permisos para reproducir parcialmente material (texto, tablas o figuras) de otras publicaciones.

6. Publicación redundante o duplicada

La revista no acepta material previamente publicado y no considerará para su publicación manuscritos que estén remitidos simultáneamente a otras revistas, ni publicaciones redundantes o duplicadas.

PROCESO EDITORIAL

El autor, a partir del número de registro que recibirá junto con el acuse de recibo, podrá consultar el estado de su artículo a través del EES en un plazo no superior a seis meses.

En caso de aceptación, el autor responsable de la correspondencia recibirá una prueba de imprenta del artículo. La prueba se revisará y se marcarán los posibles errores, devolviendo las pruebas corregidas a la redacción de la revista en un plazo de 48 horas. De no recibir estas pruebas en el plazo fijado, el Comité Editorial no se hará responsable de cualquier error u omisión que pudiera publicarse. En esta fase de edición del manuscrito, las correcciones introducidas deben ser mínimas (erratas). El equipo editorial se reserva el derecho de admitir o no las correcciones efectuadas por el autor en la prueba de impresión.

TRANSMISIÓN DE DERECHOS

1. Garantías y cesión de derechos de propiedad intelectual. El autor garantiza que los trabajos que remite a Elsevier España, S.L. para su publicación en esta Revista o en cualesquier producto derivado de la misma son originales, inéditos y de su autoría. Igualmente, el autor garantiza, bajo su responsabilidad, que ostenta todos los derechos de explotación sobre los trabajos. Asimismo, el autor garantiza que los trabajos que remite a Elsevier España, S.L. no incumplir la normativa de protección de datos de carácter personal.

2. Cesión de derechos de explotación. El autor cede en exclusiva al Centro Andaluz de Medicina del Deporte con facultad de cesión a terceros, todos los derechos de explotación que deriven de los trabajos que sean aceptados para su publicación en la Revista, para todas las modalidades de explotación para un ámbito territorial mundial y para toda la duración legal de los derechos prevista en el vigente Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual.

En consecuencia, el autor no podrá publicar ni difundir los trabajos que sean seleccionados para su publicación en la Revista, ni total ni parcialmente, ni tampoco autorizar su publicación a terceros, sin la preceptiva previa autorización expresa, otorgada por escrito, al Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

POLÍTICA EDITORIAL

Los juicios y opiniones expresados en los artículos y comunicaciones publicados en la revista son exclusivamente del autor o autores. El equipo editorial y Elsevier España declinan cualquier responsabilidad sobre el material publicado.

La Dirección de la RAMD no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos. Es conveniente que los autores acudan a un número actual de la revista por si se produjese alguna modificación de las normas de publicación.

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 6 Number 4

December 2013 Pages

C
O
N
T
E
N
T
S

Original Articles

- 129 Reliability of maximum heart rate in match's and comparison with predicted in young soccer players

C. Diniz Silva, M. Santos Cerqueira, D. Gomes Moreira and J. Carlos Bouzas Marins

- 135 Analysis of global pronation of the entire lower extremities in school-age sport children

C. García Antúnez, B. de la Cruz Torres, M. D. Sánchez López and M. Albornoz Cabello

- 139 Effects of a multidisciplinary program of obesity treatment on risk factors for metabolic syndrome in children in prepubertal, pubertal and adolescent stages: differences between genders

J. A. Alves Bianchini, D. Fernandes da Silva, C. A. Lopera, A. Rui Matsuo, V. Drieli Seron Antonini and N. Nardo Junior

- 146 Validity and reliability of GPS receivers in relation to the distance covered

A. Moreira, E.C. Costa, L. Lodo, C.G. Freitas, A.F.S. Arruda and M.S. Aoki

Review Article

- 151 Assessment of biological maturation: Uses and applications in schools

R. Gómez-Campos, M. de Arruda, E. Hobold, C. P. Abella, C. Camargo, C. Martínez Salazar and M. A. Cossio-Bolaños

- 161 **SAMEDE Communications Seminar III: "Sport and health"**



SAMEDE

Sociedad Andaluza de Medicina del Deporte

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

HAZTE SOCIO

APOYARÁS NUESTRA
ESPECIALIDAD, Y
ADEMÁS, PODRÁS:

Acceder al área reservada de la WEB, en la que obtendrás información confidencial de la Especialidad, de nuestra Sociedad Científica y de informaciones de interés para nuestros asociados (Ofertas de trabajo, información de subvenciones, premios, materiales de los cursos y actividades científicas de SAMEDE, fotografías, etc.).

Contar con un correo electrónico corporativo personalizado (tu_nombre@samede.org), que deberás solicitar.

Pertenecer a los diferentes Grupos de Trabajo que se han constituido en SAMEDE.

Obtener descuentos en todas las Actividades Científicas en las que Organice o colabore SAMEDE (Las organizadas por SAMEDE suelen ser gratuitas para sus socios).

Contar con Becas de Asistencia a Congresos y Jornadas (20% de la cuota de inscripción a la actividad científica si se presenta comunicación oral).

Compartir información actualizada, así como formación continua y conocimientos (Red de información).

Disfrutar de asesoramiento técnico para investigación.

Recibir, en formato digital, la Revista Andaluza de Medicina del Deporte (RAMD).

Para más información e inscripciones:
administración@samede.org



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

Reliability of maximum heart rate in match's and comparison with predicted in young soccer players

C. Diniz Silva^a, M. Santos Cerqueira^a, D. Gomes Moreira^b and J. C. Bouzas Marins^a

^aDepartamento de Educação Física. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. Minas Gerais. Brasil.

^bInstituto Federal de Minas Gerais. Campus Governador Valadares. Minas Gerais. Brasil.

History of the article:

Received October 1, 2012

Accepted July 1, 2013

Key words:

Heart rate.

Prediction equation.

Soccer.

Young.

Reliability.

Palabras clave:

Frecuencia cardiaca.

Ecuación de predicción.

Fútbol.

Jóvenes.

Confiabilidad.

ABSTRACT

Objective. To verify the reliability of maximal heart rate obtained (MHR_{obt}) in official soccer games and to compare it with calculated by equations (MHR_{pre}).

Method. The study included 18 soccer players (14 ± 0.6 years, 174 ± 6 cm, 62 ± 6 kg) participant of a Brazilian state championship in U-15 category. The equations were selected [$MHR = \text{age} - 220$]; Tanaka et al. [$MHR = 208 - (0.7 * \text{age})$] and Nes et al. [$MHR = 211 - (0.64 * \text{age})$] for comparison with MHR_{obt} in competition.

Results. Bland-Altman analyze showed good agreement of MHR_{obt} and the CV (1 %) and ICC (0.95 [0.86 – 0.98]) show good reliability of the inter matches. The MHR_{obt} (202 ± 8 bpm) was lower than $220 - \text{age}$ equation (205 ± 1 bpm; $P < 0.05$) and higher than Tanaka et al. (198 ± 0.4 ; $P < 0.05$), with no difference to the Nes et al. equation (202 ± 0.5 bpm) ($P > 0.05$).

Conclusion. MHR_{obt} there is good reliability between soccer matches in competition and it is recommended to use the Nes et al. [$MHR = 211 - (0.64 * \text{age})$] equation to MHR_{pre} in young soccer players.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

RESUMEN

Fiabilidad de la frecuencia cardíaca máxima en el partido y comparación con la prevista en jóvenes futbolistas

Objetivo. Verificar la fiabilidad de la frecuencia cardíaca máxima obtenida (FCM_{obt}) en los juegos oficiales de fútbol y compararla con la prevista por ecuaciones (FCM_{pre}).

Método. El estudio incluyó a 18 jugadores de fútbol ($14 \pm 0,6$ años, 174 ± 6 cm, 62 ± 6 kg) que participaban en un campeonato regional brasileño de la categoría sub 15. Se seleccionaron las ecuaciones [$FCM = \text{edad} - 220$]; Tanaka et al. [$FCM = 208 - (0,7 * \text{edad})$] y Nes et al. [$FCM = 211 - (0,64 * \text{edad})$] para su comparación con FCM_{obt} en competición.

Resultados. La técnica Bland-Altman mostró una buena concordancia de FCM_{obt} y el CV (1 %) y el ICC (0,95 [0,86 – 0,98]) muestran una buena fiabilidad entre los partidos. El FCM_{obt} (202 ± 8 lpm) fue menor que por la ecuación $220 - \text{edad}$ (205 ± 1 lpm, $P < 0,05$) y más alto que por Tanaka et al. ($198 \pm 0,4$, $p < 0,05$), sin diferencia por ecuación la Nes et al. ($202 \pm 0,5$ ppm) ($P > 0,05$).

Conclusión. FCM_{obt} hay una buena fiabilidad entre los partidos de fútbol en competición y se recomienda utilizar la ecuación de Nes et al. [$MHR = 211 - (0,64 * \text{edad})$] para predecir la FCM_{pre} en jóvenes jugadores de fútbol.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondence:

J. C. Bouzas Marins.

Universidade Federal de Viçosa.

Departamento de Educação Física - LAPEH.

Viçosa - Minas Gerais.

CEP: 36571-000.

E-mail: jcbouzas@ufv.br

INTRODUCTION

Heart rate (HR) is a physiological variable of control of exercise intensity, widely used for prescription of physical training in soccer¹⁻³. With the arrival of heart rate monitors, the measurement of this variable has become very practical, accurate, fast and cheap, making their use even more accessible^{4,5}. Physiologically, HR offers a high degree of relationship with physiological variables such as VO_2 , even in intermittent activities such as soccer, either in professional^{6,7}, amateur⁷⁻⁹ or youth players^{1,10}. Current radio telemetry systems allow monitoring all players simultaneously in short time intervals, thus facilitating training prescription and control^{11,12}.

The use of HR as a training method is usually done by applying percentages of maximum heart rate (MHR), which varies according to the desired training intensity^{13,14}. Thus, establishing MHR is a key factor for the accurate prescription of training intensities in order to avoid errors when defining training loads. Establishing MHR can be done directly by recording the highest HR during a maximum effort (MHR_{obt})¹⁵ or indirectly through predictive equations (HRM_{pre})^{16,17}.

In sports such as soccer, in which characteristics are intermittent and maximum, there is an indication that MHR should be obtained during competition, since these values have proved to be higher than in tests of maximum effort¹⁸⁻²². However, since it is not always possible to obtain the MHR_{obt} for safety reasons regarding the athletes and the use of equipment in competitive games, the utilization of predictive equations may represent an interesting choice to relativize training load.

Despite the advantage of not requiring a maximum effort in order to be quantified, MHR_{pre} can display a high error rate and high individual variation ($\pm 10-12$ bpm)¹⁵, thus jeopardizing the accuracy of training requirements. This is worrying in high performance sports in which small errors in the calculation of training loads may reflect in weak stimuli, thus preventing the achievement of the desired training effects, or even generating exaggerated ones, what may lead to the non-functional overreaching²³.

There is no doubt that MHR decreases with age^{16,24,25} and that among the 50 formulated equations to estimate the MHR reported by Marins and Fernández²⁶, only a few were developed including children or teenagers in the sample^{27,28}. Therefore, using equations developed for adults in adolescents can generate an important prediction error. On the other hand, MHR_{obt} can display low reliability due to the particular characteristics of each match and this has not been the focus of researches.

Therefore, the present study aimed to: a) verify the reliability of MHR_{obt} value in matches, b) compare the MHR_{obt} of U-15 youth soccer players in official soccer matches with the MHR_{pre} through equations. As hypotheses we expect that the MHR_{obt} will present low reliability due to the random characteristics and multi-dependency that the MHR_{obt} may present in each match (tactics, environmental variation, motivation, etc.). On the other hand, we expect that the hypothesis of higher value of MHR_{obt} when compared to the MHR_{pre} will be confirmed, as the game is a great source of stimuli for the observation of higher HR values, and therefore, that the MHR_{obt} is underestimated by some equations, since they were mainly predicted through laboratory tests of maximum effort. Thus, this type of study could help establishing more effective parameters for exercise prescription, taking the MHR as reference.

METHODS

Experimental design

This study has a cross-sectional characteristic, in which a U-15 youth soccer team was selected by convenience. The design proposed for this study was developed so that in a first moment it displayed a descriptive character, through the quantification of players' MHR_{obt} in official matches, as well as the measurement reliability through the procedures described below. Secondly, the research assumed an inferential characteristic, adopting a hypothesis test to verify the possibility that MHR could be estimated by predictive equations through players' MHR_{obt} in official matches.

During observational procedures, players were participating in the main competition of the U-15 youth level. During this period, they had one training session a day (physical-technical and tactical sessions), during 90 minutes, five times a week and played one official match per week (70 min) on Saturdays or Sundays, in which the MHR_{pre} was monitored. The training sessions consisted, primarily in the development of technical and tactical skills (80 % of training session time). Physical training was performed twice a week and aimed to develop aerobic (small-sided games and interval runs) and anaerobic performance (sprinting) and strength (plyometrics).

Individuals were also instructed to refrain from the consumption of caffeinated substances (matte, chocolate, coffee, guarana and coke) in the 24 hours prior to the game, aiming to avoid possible interferences.

SAMPLE

Twenty-five male players from a team that plays regularly in competitions recognized by a Soccer State Federation in Brazil agreed to participate as volunteers. All of them had experienced around 4 ± 1 years of systematic training and soccer competitions.

Players who did not play the entire matches not to have been lined up (for injury, $N = 1$) or replaced during the game ($N = 6$) were excluded from the study. Participants ($n = 18$) had (mean \pm standard deviation) 14 ± 0.6 years old, 174 ± 6 cm in height, body mass of 62 ± 6 kg, VO_2max of 49.5 ± 2 ml.kg.min⁻¹ obtained by Margaria et al.²⁹ The representation by playing position was as follows: full backs ($N = 3$); center backs ($N = 4$), midfielders ($N = 7$) and forwards ($N = 4$). The team played in a regular 4-4-2 formation, using four defenders, four midfielders and two forwards.

The free informed consent about the study was signed by parents or guardians, meeting the recommendations of the National Health Council – MS, Resolution 196/196. The study's protocols were approved by the Human Research Ethics Committee of the Institution of Origin with the number *Of. Ref N ° 46/2007*.

PROCEDURES

In order to obtain the values of HR, Polar® Team System (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) was used with an interval of measurement of 5 seconds. This device enables recording HR during an activity without a wrist monitor, which is forbidden by soccer rules, as it can harm the athlete's, teammates' and opponents' safety. In addition, a permission from the referees was obtained through the state Soccer Federation who

promoted the competition. The athletes were already familiarized with this type of equipment, as it was part of their routine of evaluation and control of training load, even in friendly matches. Twenty-five minutes prior to the start of the match, the volunteers who were instructed by the club technical committee, completed the standard warming-up and stretching that simulate game actions.

As criterion to the MHR_{obt} , individual maximum peak value obtained during two complete games was used for each player in the U-15 Minas Gerais Championship. The environmental temperature during matches was monitored (TGM 100, Homis®, Brazil) and was not statistically different between the days (WBGT = 24.4 ± 1.8 °C vs. 23.6 ± 2 °C, $P = 0.585$, Wilcoxon Signed Ranks Test).

The exercise intensity observed during matches was 85 ± 3.7 % of MHR_{obt} . This value corroborates with other studies for different player levels^{14,30-32}, confirming that matches were played in the usual way.

Since there were no specific predictive equations for children and adolescents (by Medline using the keywords on 06/29/2012 "Maximum heart rate", "prediction", "young"), to compare MHR_{obt} and MHR_{pre} the following equations were selected: $220 - \text{age}$ as being the most widely used^{15,21,25}; Tanaka et al.³³ [$208 - (0.7 \times \text{age})$] for having proved to be valid for boys of 10 to 16 years³⁴ and Nes et al.³⁵ (2012) [$211 - (0.64 \times \text{age})$] to be the latest and most developed, with a wide range sample of age groups and effects of sex, body mass index (BMI), physical activity level and maximal oxygen consumption.

STATISTICAL ANALYSIS

To assess the data normality, Shapiro-Wilk test was used. As data did not display regular distribution, descriptive statistics were presented as mean/median \pm standard deviation, and also the minimum and maximum values. On the matches, the agreement limits between the pairs of measurements obtained on test and retest of the MHR_{obt} , was observed according to the suggested method by Bland and Altman³⁶. The coefficient of variation (CV) was also used as a measure of reliability³⁷. The CV was established for each individual, by dividing the standard deviation of each measurements pair by their mean values ($CV = [(SD/\text{mean}) * 100]$). Then, the mean CV was calculated through the average of the individuals' CV. In addition, to verify the reliability of the pairs of values obtained in test-retest, intraclass correlation coefficient (ICC) was used. The use of these three approaches follows the recommendations of Atkinson and Nevill³⁷, as it presents advantages and disadvantages in each case. To compare the MHR_{obt} data from the game with the MHR_{pre} , Kruskal-Wallis test was used and as a post hoc, Dunn's test was performed, having the match as control group. The statistical analysis was performed in Sigma Plot 11 package for Windows (Chicago, IL, USA). In all cases, the level of statistical significance was set to $P < 0.05$.

RESULTS

The reliability of MHR_{obt} on the game was verified by Bland-Altman's analysis, which indicated the degree of agreement between the pairs of measurements obtained in test-retest (fig. 1). Only one player was outside the limits of agreement. The CV was 1 % and the intraclass correlation coefficient (ICC) with a confidence interval of 95 % was 0.95 [0.86 to 0.98]. Throughout these results, it is possible to assume that the MHR_{obt}

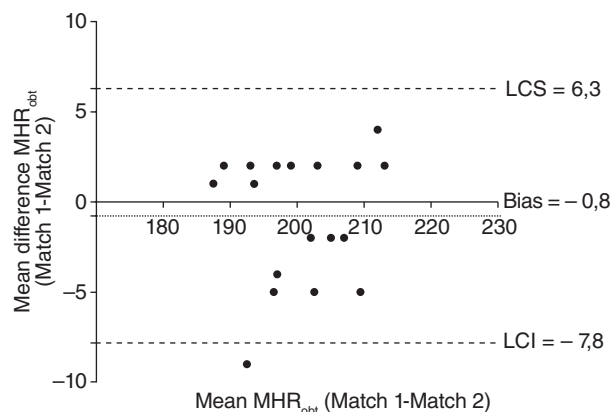


Fig. 1. Plot of the bias (mean differences) and upper and lower limits of agreement (LCS and LCI, 95 %) between the values of MHR obtained in Match 1 and Match 2, according to Bland-Altman's (N = 18) procedures.

obtained in matches did not present heterocedastic errors, in other words, good reliability was displayed.

After the analysis of Kruskal-Wallis with Dunn's post hoc tests, we observed that the predictive equation of Nes et al.³⁵ presented MHR_{pre} that was similar to the MHR_{obt} during match ($P > 0.05$). MHR_{pre} by equations $220 - \text{age}$ and Tanaka et al.³³ were different ($P < 0.05$) when compared to the MHR_{obt} during match (table 1).

DISCUSSION

Test-retest analysis of MHR_{obt} during matches displayed good measurement reliability, indicating that collection of HR during official matches through heart rate monitors can be used as a method to determine MHR_{obt} in soccer players with good accuracy. Some studies have focused on the collection of MHR_{obt} in a competitive situation^{18,20-22}, but none of them focused on the measurement reliability under such conditions. The present study uniquely reports that MHR_{obt} in soccer matches in youth players is a measure with guaranteed reproducibility, presenting constancy of results during "test-retest" in young players.

For juvenile and adult individuals, a physical test of maximum effort is usually employed for collecting MHR_{obt} ^{38,39}. However, in athletes of sports with maximum and intermittent characteristics such as soccer, MHR_{obt} obtained by analysis of matches has proved to be higher than in physical tests^{18,20-22}, besides being more specific and, therefore, more appropriate for athletes.

Laboratory situations can generate greater opportunities of controlling experimental conditions. However, according to Santos et al.⁴⁰ there is a strong tendency of the MHR_{obt} being higher in field tests than in laboratory tests. According to these authors, the differences between MHR values obtained in these two environments may be partly explained by the fact that as temperature and humidity are generally higher

Table 1
 Maximum heart rate values obtained during matches and predicted by three different equations (N = 18)

| | Mean \pm Sd | Median | Mínimum and maximum |
|----------------------|----------------|--------|---------------------|
| MHR_{Robt} | 202 \pm 8 | 201 | 188 - 214 |
| Tanaka et al. (2001) | 198 \pm 0,4* | 197 | 197 - 199 |
| Nes et al. (2012) | 202 \pm 0,4 | 201 | 201 - 203 |
| 220 - age | 205 \pm 0,6* | 205 | 205 - 207 |

*: different compared to MHR_{obt} ($P < 0,05$). MHR: maximum heart rate.

in a field environment, this would lead to a higher load of physiological stress. Furthermore, the psychological aspect and greater motivation to achieve high performances in competitive situations are likely to be the main reasons that enable the MHR_{obt} with higher values to be observed in competitive situations, as in other forms of intermittent feature as in Rugby¹⁹, American Football¹⁸ and Gaelic²⁰ Football.

The use of the HR has proved to be a reliable method to measure exercise intensity in soccer^{3,8,41}, once no significant differences were observed on the mean values of HR in two or more consecutive matches³¹ and the MHR_{obt} permanence time above 85 % is also reliable for repeated measurements (CV observed [8.6 ± 5.4 %] and ICC [0,92])²², which can ensure that similar conditions of physical effort are employed by the player. In this study, the intensity of effort between matches was 85 ± 3.7 % of the MHR_{obt} which is similar to other studies^{14,30,31,41}. The great MHR_{obt} reliability could be confirmed also by CCI (0.95) observed in this study, thus demonstrating low individual variability.

Although the use of HR is practical, and also reliable as demonstrated in this study, their responses may be influenced during matches and training sessions by several aspects besides player's physical effort. Among these, we can consider the environmental conditions such as temperature, relative humidity, altitude and air resistance, psychological aspects such as anxiety and stress, and use of medicines¹⁸. This indicates that the technical staff should monitor these intervening variables, when they want to obtain MHR_{obt} in field (training, testing or matches). Thus, it is worth highlighting that the individual treatment (athlete by athlete) should be given, since variability in the reproducibility of measurements for some pairs was high (fig. 1), and also for examining that the means of differences (bias) between the test-retest was not close to zero in both games.

Comparing the MHR_{obt} in official soccer matches with MHR_{pre} , we observed that the equation of Nes et al.³⁵ presented values that were close to those found during matches (202 ± 0.4 vs. 202 ± 8 , respectively). This corresponds to a better applicability of this equation, since it can be utilized to predict the values of MHR when necessary, to relativize the effort intensity in training prescriptions for people within the same age group as the one in this study, without the need of match measurements.

The equation $220 - \text{age}$, which is curiously credited to Karvonen et al. (1957), actually has an unknown authorship¹⁵. This equation, despite being widely used and recommended, displayed differences, overestimating MHR_{obt} compared to MHR_{obt} (in matches). In other studies, it was also observed that this equation overestimates MHR in young people^{33,34}. This also corroborates the results found by Antonacci et al.²¹ for high level Brazilian soccer players in U-17, U-20 and professional levels. Thus, the results of this study clearly indicate that exercise prescription, regarding the equation $MHR = 220 - \text{age}$ can lead to a methodological training error for the investigated age group, since it overestimates the peak value of MHR in a situation that is very stressful by itself, such as the game. Therefore, the use of MHR_{pre} for effort regarding by the "220 - age" equation, can cause an overload of activity planned for players with characteristics similar to the present study.

The MHR_{pre} equation by Tanaka et al.³³ was also statistically different from the match. Thus, the use of this equation to the young players evaluated, would lead to a lower intensity training session with respect to the MHR_{obt} , causing loss of quality in the prescribed activity. Therefore, while other studies have established the Tanaka et al.³³ equation as valid, it can be hypothetically affirmed that the use of a treadmill test to deter-

mine MHR, may have generated a MHR value lower than what would be found in competitive situations.

Other studies have found that the equation of Tanaka et al.³³, displayed no significant differences if compared to what was obtained in physical tests^{26,34}. However, all previous studies indicated that MHR was obtained during physical tests in laboratory or field. Thus, HR monitored during a competitive situation can bring a more assertive data about the athletes' MHR_{obt} , since this environment will provide different stimulus, such as thermic stress and psychological pressure of competition that causes modification of sympathetic modulation, what enables factors there are less probably to happen in a laboratory environment or conventional training.

Thus, despite the fact that literature points out that the higher values of MHR_{obt} occur in competition¹⁸⁻²² situation, it is recommended that this variable is evaluated in other situations of effort and training (i.e. small-sided games) in soccer players. Therefore, there is the possibility that players express higher MHR values individually in competitive matches, improving the acuity of prescriptions and training control through relativizing MHR. With the possibility of expansion of MHR collection, it is worth pointing out the circadian influence, which modifies MHR responses. Afonso et al.⁴² observed a decrease in MHR_{obt} during the dark level of the light/dark cycle in their study, using the Bruce treadmill protocol, what would report the need to consider the individual circadian variations, to observe and prescribe activities taking this variable as a parameter, mainly at late hours. It is necessary to highlight that matches were mainly played in the afternoon (13 to 15 o'clock), differently from training time, what is not frequently used by Brazilian teams for training.

Another remark to the applicability of the results within this study refers to the fact that the MHR_{obt} observation must occur from time to time, according to cardiovascular system adaptation and the intrinsic and extrinsic mechanisms of cardiac control. Thus, an athlete evaluated early in the season, will present along this time a lower MHR_{obt} value, for adaptation reasons previously mentioned. Another comment concerns the decrease of ~ 1 beat/min per year, that occurs after 30 years of age^{25,30,43}, possibly due to the lower activity of the autonomic cardiac muscle, that is inherent to aging⁴³. Therefore, in order to observe an acceptable applicability of the results within this study for the routine of soccer teams, the adequacy of the athletes profile to those of the present study should be evaluated, since they are adapted to workout routines and soccer competitions. In this case, further studies over validity of predictive equations for different age groups are suggested.

To Nes et al.³⁵, there is no evidence of interaction between gender, physical activity level, BMI or $VO_2\text{max}$ and MHR_{obt} . On the other hand, they point out that the lack of standardization of tests to determine MHR as a factor that may cause differences in the results, and consequently in the more suitable predictive equations. Thus, in the case of sports with characteristics of maximum and intermittent effort such as soccer, basketball, handball, futsal or even cycling competitions, in which fluctuations of exercise intensity are extreme, it is recommended, whenever possible, monitoring HR during competitive period, aiming to obtain the highest MHR_{obt} value.

The absence of fatigue indicators during, for example, blood lactate, muscle pH or level of plasmatic K^+ , may be considered as a limitation of the study. These parameters help to better characterize matches, and monitor maximum effort exerted, or not, by the players in the evaluations and to differentiate physiological and/or motivational limi-

tations for such procedure. However, it is necessary to emphasize that these are invasive measures, and represent implications with the ethics committee, as our volunteers are young. On the other hand, the fact that it is a high level competition for this age group, we believe that motivation may have led them to really spend the maximum individual effort.

Taking into consideration the practical applications of utilizing HR, it should be noted that its analysis during a soccer match, considering only the absolute values (bpm), it must be done carefully, since players' age, together with individual response, can induce misinterpretations regarding the true metabolic pathway (aerobic/anaerobic) that the player is using. Thus, the HR used in correspondence with some parameter of metabolic threshold, should be thought to individualize the training sessions, and in the meantime to adequate stimuli that meet the complexity of soccer, and compensate deviations that may occur when prescribing the MHR_{obt} percentage in predetermined zones. This demonstrates that coaches can structure HR zones, which correspond to 2-4 mM of blood lactate, thus individualizing working intensity in small-sided games, as well as other technical-tactical activities for soccer players³.

It is worth considering that monitoring training loads through other methods such as PSE may complement HR measurement, since this method evaluates the overall result of the effort exerted by the athlete, and helps to understand the internal load proposed by the technical staff, both in physical, technical and tactical training sessions.

Future studies should be conducted with the aim of carrying out comparisons between MHR_{obt} in competitive scenarios with other equations, and even field protocols and/or spirometer. These measures will aim to highlight the most valid and reliable assessment procedures for MHR determination in young soccer players, where there is a great limitation of published knowledge.

Finally, the present study demonstrated that statistical analyses revealed agreement in MHR_{obt} in the test-retest situation, demonstrating good reliability of the measurements collected during competition. The equations of Tanaka et al. (2001) and $220 - \text{age}$ failed to predict the MHR when compared with MHR values obtained in matches. On the other side, the equation of Nes et al. (2012) proved valid for MHR_{pre} , being suitable for use as a parameter of training prescription, in cases where the MHR_{obt} is not available.

Thus, coaching staff can use the MHR_{obt} in matches when they need to find parameters to relativize training loads, paying attention to equations that better represent these values, since there may be a wide variation (underestimating or overestimating) training loads. The use of the model of calculation of match difficulty, related to the HR measure can provide additional information, helping coaches and physical coaches in structuring, planning and monitoring training load in Soccer.

Acknowledgments

The authors express their appreciation to the athletes for their involvement in this study. The authors thank the Soccer Post-Graduation Course of the Federal University of Viçosa for providing the necessary funding and resources to make this research possible. Cristiano Diniz da Silva was a research fellow of CAPES.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

1. Castagna C, Belardinelli R, Impellizzeri FM, Abt GA, Coutts AJ, D'Ottavio S. Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer. *J Sci Med Sport*. 2007;10(2):89-95.
2. Owen AL, Wong DP, McKenna M, Dellal A. Heart rate responses and technical comparison between small- vs. large-sided games in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*. 2011;25(8):2104-10.
3. Dellal A, Da Silva CD, Hill-Haas S, Wong DP, Natali AJ, De Lima JRP, et al. Heart-rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match-play and training - practical application. *J Strength Cond Res*. 2012;26(10):2890-906.
4. Laukkanen RMT, Virtanen PK. Heart rate monitors: state of the art. *J Sports Sci*. 1998;16(Suppl. 4):3-7.
5. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*. 2003;33(7):517-38.
6. Bangsbo J. The physiology of soccer: with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand*. 1994;151(Suppl. 619):1-155.
7. Hoff J, Wisløff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*. 2002;36(3):218-21.
8. Esposito F, Impellizzeri FM, Margonato V, Vanni R, Pizzini G, Veicsteinas A. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *Eur J Appl Physiol*. 2004;93(1-2):167-72.
9. Drust B, Reilly T, Cable NT. Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *J Sports Sci*. 2000;18(11):885-92.
10. Castagna C, Belardinelli R, Abt G. The VO_2 and HR response to training with a ball in youth soccer players. 2005. En: Reilly T, Cabri J, Duarte A editors. *Science and football V*. 1st ed. London: Routledge; 2005. p. 462-4.
11. Reilly T. An ergonomics model of the soccer training process. *J Sports Sci*. 2005;23(6):561-72.
12. Drust B, Atkinson G, Reilly T. Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Med*. 2007;37(9):783-805.
13. Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia FM, et al. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*. 2006;27(6):483-92.
14. Helgerud J, Engen LC, Wisløff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(11):1925-31.
15. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the "hrmax = 220-age" equation. *JEPonline*. 2002;5(2):1-10.
16. Marins JCB, Marins NMO, Fernández MD. Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts Med Esport*. 2010;45(168):251-8.
17. Marins JCB, Fernández MD. Comparação da frequência cardíaca máxima por meio de provas com perfil aeróbico e anaeróbico. *Fit Perf J*. 2004;3(3):166-74.
18. Gleim GW, Witman PA, Nicholas JA. Indirect assessment of cardiovascular "demands" using telemetry on professional football players. *Am J Sports Med*. 1981;9(3):178-83.
19. Deutsch MU, Maw GJ, Jenkins D, Reaburn P. Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *J Sports Sci*. 1998;16(6):561-70.
20. Reilly T, Keane S. Estimation of physiological strain on gaelic football players during match-play. *J Sports Sci*. 1999;17:819.
21. Antonacci L, Mortimer LF, Rodrigues VM, Coelho DB, Soares DD, Silami-Garcia E. Competition, estimated, and test maximum heart rate. *J Sports Med Phys Fitness*. 2007;47(4):418-21.
22. Silva CD, Natali AJ, Lima JRP, Bara-Filho MG, Silami-Garcia E, Marins JCB. Yo-yo ir2 test e teste de margaria: validade, confiabilidade e obtenção da frequência cardíaca máxima em jogadores jovens de futebol. *Rev Bras Med Esporte*. 2011;17(5):343-8.
23. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med*. 2002;32(2):95-102.
24. Astrand PO, Bergh U, Kilbom A. A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. *J Appl Physiol*. 1997;82(6):1844-52.
25. Marins JB, Silva CD, Braga MO, Cerqueira MS, Bandeira FC. Frecuencia cardíaca máxima obtenida y predicha: estudio retrospectivo en brasileños. *Rev Andal Med Deporte*. 2010;3(4):146-52.
26. Marins JC, Fernández MD. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes deportistas. *Arch Med Deporte*. 2007;XXIV(118):112-20.
27. Lester M, Sheffield LT, Trammell P, Reeves TJ. The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *Am Heart J*. 1968;76(3):370-6.
28. Fernhall B, McCubbin JA, Pitetti KH, Rintala P, Rimmer JH, Millar AL, et al. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(10):1655-60.
29. Margaria R, Aghemo P, Piñera Limas F. A simple relation between performance in running and maximal aerobic power. *J Appl Physiol*. 1975;38(2):351-2.

30. Capranica L, Tessitore A, Guidetti L, Figura F. Heart rate and match analysis in pre-pubescent soccer players. *J Sports Sci.* 2001;19(6):379-84.
31. Mohr M, Krstrup P, Nybo L, Nielsen JJ, Bangsbo J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches: beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports.* 2004;14(3):156-62.
32. Strøyer J, Hansen L, Klausen K. Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(1): 168-74.
33. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):153-6.
34. Machado FA, Denadai BS. Validade das equações preditivas da frequência cardíaca máxima para crianças e adolescentes. *Arq Bras Cardiol.* 2011; 97(2):136-40.
35. Nes BM, Janszky I, Wisløff U, Støylen A, Karlsen T. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: the hunt fitness study. *Scand J Med Sci Sports.* 2012. In press.
36. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476): 307-10.
37. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 1998; 26(4):217-38.
38. Boudet G, Garet M, Bedu M, Albuissou E, Chamoux A. Median maximal heart rate for heart rate calibration in different conditions: laboratory, field and competition. *Int J Sports Med.* 2002;23(4):290-7.
39. Engels HJ, Zhu W, Moffatt RJ. An empirical evaluation of the prediction of maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport.* 1998;69(1):94-8.
40. Santos AL, Silva SC, Farinatti PDTV, Monteiro WD. Respostas da frequência cardíaca de pico em testes máximos de campo e laboratório. *Rev Bras Med Esporte.* 2005;11(3):177-80.
41. Dellal A, Drust B, Lago-Penas C. Variation of activity demands in small-sided soccer games. *Int J Sports Med.* 2012;33(5):370-5.
42. Afonso LDS, Santos JFB, Lopes JR, Tambelli R, Santos EHR, Back FA, et al. Frequência cardíaca máxima em esteira ergométrica em diferentes horários. *Rev Bras Med Esporte.* 2006;12(6):318-22.
43. Hossack KF, Bruce RA. Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: comparison of age-related changes. *J Appl Physiol.* 1982;53(4): 799-804.



Original

Análisis de la pronación global de miembros inferiores completos en deportistas de edad escolar

C. García Antúnez^a, B. de la Cruz Torres^b, M. D. Sánchez López^a y M. Albornoz Cabello^b

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

^bDepartamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

Historia del artículo:

Recibido el 17 de octubre de 2012

Aceptado el 24 de septiembre de 2013

Palabras clave:

Rotación interna de cadera.

Valgo de rodilla.

Pronación del pie.

Marcha.

Deportistas de edad escolar.

Key words:

Hip internal rotation.

Knee valgus.

Foot pronation.

Gait.

School-age sport children.

RESUMEN

Objetivo. Un componente cinético importante durante el ciclo de la marcha humana es la rotación interna global de la extremidad inferior (rotación interna de cadera y valgo de rodilla) con pronación simultánea del pie, lo que clínicamente se describe como pronación global de la extremidad inferior completa. El objetivo fue analizar el patrón de la marcha en niños deportistas de edad escolar durante tres meses.

Método. Se examinaron 58 niños, pertenecientes al Cajasol Ciencias Club de Rugby de Sevilla, de los cuales 10 presentaron una excesiva pronación global de las extremidades inferiores completas, conformando así la muestra de estudio. Se les realizó un análisis biomecánico de la marcha mediante una plataforma baropodométrica y se les calculó ángulos de Helbing, Fick y línea femorotibial en dinámico en ambas extremidades inferiores. Se analizó la evolución del patrón de marcha durante tres meses.

Resultados. Inicialmente y tras los tres meses, los niños presentaron un patrón de marcha patológico caracterizado por una excesiva rotación interna de caderas, excesivo valgo de rodilla y excesiva pronación del pie, en ambas extremidades inferiores.

Conclusión. Una excesiva pronación global de las extremidades inferiores completas presentes en deportistas de edad escolar no cambió con el crecimiento natural de los niños tras 3 meses de seguimiento, requiriendo un abordaje terapéutico específico.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Analysis of global pronation of the entire lower extremities in school-age sport children

Objective. An important kinesiological component during human gait is a global internal rotation of the lower extremity (hip intoeing and knock knee) in conjunction with foot pronation. This motion is often loosely described clinically as global pronation of the entire lower extremity. The aim was to analyze the gait pattern in school-age sport children for three months.

Method. We examined 58 children, belonging to Cajasol Sciences Sevilla Rugby Club. Only 10 children had excessive overall pronation complete lower limb and they made up the study sample. Gait biomechanical analysis was performed using modular-platform electronic baropodometer. Angle helbing, angle fick and line femorotibial during walking were calculated in both lower extremities. We analyzed evolution of gait pattern for three months.

Results. Initially and after three months, the children presented a pathological gait pattern characterized by excessive hip internal rotation, excessive knee valgus and foot overpronation in both lower extremities.

Conclusion. Global pronation of the entire lower extremity school-age sport children did not change with the natural growth of children after 3 months follow-up. We think it will be necessary a specific therapeutic treatment.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

B. de la Cruz Torres.

Departamento de Fisioterapia.

Universidad de Sevilla.

Calle Avicena s/n.

41009 Sevilla, España.

Correo electrónico: bcruz@us.es

INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, la actividad física ha adquirido una gran importancia en el ámbito de la salud. Ello ha propiciado que disciplinas como la biomecánica, próximas al medio deportivo, hayan tomado especial relevancia.

Las posibilidades que la biomecánica ofrece al plantear y resolver problemas relacionados con la mejora de la salud y la calidad de vida, la han consolidado como un campo de conocimientos en continua expansión, capaz de aportar soluciones de índole científica y tecnológica.

En las últimas décadas se han multiplicado los trabajos sobre la marcha humana como resultado de la colaboración interdisciplinar en los laboratorios de marcha, la cual resulta imprescindible para desarrollar nuevos sistemas de estudio, comprender el aparato locomotor y realizar una acción terapéutica¹⁻⁴.

Frente a la idea, frecuentemente extendida, de que las alteraciones del movimiento humano son resultado de anomalías patológicas, Sahrman⁵ propone el *modelo cinesiopatológico* para singularizar el papel del movimiento como productor de alteraciones y anomalías. Este modelo se sustenta en la observación de que los movimientos repetitivos y las posturas mantenidas asociadas a las actividades diarias, provocan cambios en los patrones del movimiento y tejidos responsables (músculo esquelético y sistema neurológico), ocasionando un daño tisular por efecto acumulativo, especialmente cuando se desvían del patrón cinesiológico óptimo. La teoría propuesta es que la corrección de los patrones de movimiento y las adaptaciones tisulares pueden aliviar y sobre todo prevenir los problemas musculoesqueléticos de origen mecánico.

Un componente cinético importante durante el ciclo de la marcha humana es la rotación interna global de la extremidad inferior (rotación interna de cadera y valgo de rodilla) con pronación simultánea del pie. Clínicamente este patrón de movimiento se describe como *pronación global de la extremidad inferior completa*⁶. La ejecución de este gesto biomecánico implica la pronación de la articulación subastragalina y el control del arco longitudinal medial del pie, hechos que contribuyen a la absorción y amortiguación del impacto de la carga corporal, siempre y cuando la respuesta se produzca en su justa medida, dentro de unos límites de amplitud y duración⁷. De no ser así, la pronación excesiva de miembros inferiores, especialmente en la práctica de actividades deportivas que impliquen salto y/o carrera, pueden acarrear disfunciones importantes. Es por ello que en los niños de edad escolar pueden aparecer lo que conocemos por lesiones osteocondrales, derivadas de la realización de gestos repetitivos que conllevan sobrecargas musculares. Entre otras, podemos destacar la apofisitis tibial u Osgood-Schalatter^{8,9}, el síndrome de Sinding-Larsen-Johansson¹⁰ y la apofisitis calcánea o enfermedad de Sever^{11,12}.

Por todo ello, el objetivo fue analizar el patrón de marcha en niños deportistas de edad escolar (9 - 12 años) durante tres meses.

MÉTODO

Sujetos

Se examinaron 58 niños, pertenecientes a las categorías benjamín y alevín del Cajasol Ciencias Club de Rugby de Sevilla, con edades comprendidas entre los 9 y 12 años. Teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión para el estudio finalmente la muestra constó de 10 niños (edad $11,40 \pm 1,26$ años, masa $47,80 \pm 9,19$ Kg, talla $148 \pm 0,06$ cm). Se

controló el factor obesidad mediante el cálculo de percentiles según Orbegozo¹³. La muestra presentó un percentil de masa y talla entre P50 - P97. Como criterios de inclusión consideramos a) ser una persona sana, no padecer ninguna enfermedad importante; b) tener una edad comprendida entre 9 - 12 años; c) estar federado con una antigüedad mayor a 2 años; d) realizar al menos dos horas de entrenamiento tres veces a la semana; e) no presentar patología aguda (muscular, tendinosa, ligamentaria,...) que afecte a la marcha; f) presentar un patrón de pronación global de los miembros inferiores completa y g) presentar el consentimiento informado; y como criterio de exclusión se descartó todo sujeto que presentaba alguna alteración estática de columna vertebral o disimetría de cadera o alteración biomecánica de la marcha secundaria a causa patológica.

Todos los niños y sus tutores fueron informados de las características del estudio y dieron voluntariamente su consentimiento conforme a la Declaración de Helsinki¹⁴. El estudio contó con la aprobación del Comité Ético del Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Procedimiento

El protocolo de estudio fue el siguiente. La selección de la muestra se realizó en la propia instalación deportiva sobre el total de participantes. Se efectuó una anamnesis y un análisis biomecánico visual para seleccionar a los niños que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión del trabajo y así constituir la muestra de estudio.

En la valoración inicial se realizó un análisis biomecánico de la marcha mediante una plataforma baropodométrica (Physical Support, Roma, Italia)¹⁵ en el Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Sevilla (CAMD), cuya finalidad fue tomar registros de los parámetros analizados: el ángulo de Fick¹⁶, la línea femorotibial⁷ y el ángulo de Helbing⁷, dado que son los parámetros que determinan la pronación global de las extremidades inferiores, y en situación "dinámica", pues es como se desarrolla la marcha y por tanto, es más funcional (fig. 1). Para determinar las dos primeras variables de estudio, se colocaron a los sujetos marcadores dermatográficos en los puntos de referencia anatómicos. En el caso de la línea de Helbing estaban situados: en la parte superior de la línea media gemelar, en el punto medio de la inserción ósea del tendón de Aquiles y en el del talón, entre los rebordes lateral y medial del calcáneo; y para la línea femorotibial, sobre tuberosidad tibial anterior siguiendo el eje anatómico de la tibia y suprapatelar siguiendo el eje anatómico del fémur.



Fig. 1. Análisis biomecánico del patrón de la marcha en deportistas en edad escolar.

Tabla 1

Valores (media y desviación estándar) del ángulo de Helbing, línea femorotibial y ángulo de Fick, expresados en grados, para cada una de las extremidades inferiores tanto en la valoración inicial como en la valoración final

| 10 Sujetos | Extremidad izquierda | | | Extremidad derecha | | |
|-----------------------------|----------------------|------------------|------|--------------------|------------------|------|
| | Valoración inicial | Valoración final | p | Valoración inicial | Valoración final | p |
| Helbing (°) Media ± DE | 171,00 ± 4,57 | 171 ± 4,16 | 1,00 | 168,10 ± 3,67 | 167,70 ± 3,65 | 0,37 |
| Femorotibial (°) Media ± DE | 166,30 ± 2,79 | 167,10 ± 2,88 | 0,29 | 168,10 ± 2,96 | 168,88 ± 2,66 | 0,24 |
| Fick (°) Media ± DE | 4,30 ± 0,95 | 4,80 ± 1,96 | 0,40 | 5,30 ± 1,34 | 5,90 ± 1,51 | 0,17 |

Nivel de significación $p < 0,05$. DE: desviación estándar.

Posteriormente se estableció un periodo observacional de tres meses de duración en los cuales los niños llevaron a cabo su vida normal y estuvieron sin realizar tratamiento alguno, tras los cuales se les volvió a realizar el análisis biomecánico inicial.

Análisis estadístico

Los registros fueron exportados a una hoja de cálculo del programa Excel para su tratamiento y análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en los diferentes reconocimientos médico-deportivos se efectuó con el programa estadístico SPSS (versión 15.0), realizando los siguientes pasos: en primer lugar se realizó un análisis descriptivo de todas las variables estableciendo su media, desviación estándar (DE) y el intervalo de confianza al 95 %. Para establecer la existencia o no de significación estadística se utilizó un test "t de Student" para muestras relacionadas. Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los valores, expresados como media y desviación estándar (DE), del ángulo de Helbing, línea femorotibial y ángulo de Fick, de la muestra para cada una de las extremidades inferiores, tanto en la valoración inicial como en la valoración final. También se establece el nivel de significación (p) para la comparación entre el primer y el tercer mes.

Al inicio del estudio, los sujetos presentaron un patrón patológico de pronación global de miembros inferiores completos caracterizado por una excesiva rotación interna de caderas, excesivo valgo de rodillas y excesiva pronación de pie (tabla 1). Concretamente, presentaron valores de rotación interna de $5,30 \pm 1,34^\circ$ en la cadera derecha y $4,30 \pm 0,95^\circ$ en la izquierda, un valgo de $168,10 \pm 2,96^\circ$ en la rodilla derecha y $166,30 \pm 2,79^\circ$ en la izquierda y una pronación de $168,10 \pm 3,67^\circ$ del pie derecho y $171,00 \pm 4,57^\circ$ del izquierdo. Tras los tres meses de evolución, la rotación interna de cadera fue de $5,90 \pm 1,51^\circ$ en la derecha y $4,80 \pm 1,69^\circ$ en la izquierda, el valgo de rodilla de $168,88 \pm 2,66^\circ$ en la derecha y $167,10 \pm 2,88^\circ$ en la izquierda y la pronación de $167,70 \pm 3,65^\circ$ en el pie derecho y $171,00 \pm 4,16^\circ$ en el izquierdo (tabla 1).

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio fue la incidencia de un patrón de marcha con valores angulares considerados como patológicos, que no se modificaron con el crecimiento natural de los niños ni con el entrenamiento de su práctica deportiva (en este caso, el rugby) en tres meses.

A lo largo del desarrollo del ser humano se produce una evolución en la alineación de las extremidades inferiores, aproximándose a los valo-

res considerados como normalidad en el adulto en torno a los 8 - 9 años. Según la literatura¹⁷⁻¹⁸, si a esa edad persisten aún valores biomecánicos anormales, precisarían un abordaje terapéutico. Ese fue el motivo primordial por el que se escogieron sujetos con esas edades. Hay que resaltar que se controló el factor obesidad, ya que puede considerarse causa originaria de rodillas y tobillos en valgo¹⁹⁻²², pues el grupo de niños presentó un percentil de peso y talla considerado dentro de la normalidad¹³.

Por ello, el objetivo fue determinar la prevalencia de una marcha patológica conocida como pronación global de miembros inferiores⁶ y comprobar si el crecimiento normal o la práctica deportiva (en este caso el rugby) corrigen de manera espontánea estos valores. Conforme a nuestros resultados (tabla 1) no fue así y se mantuvo la marcha patológica. Esta evidencia tiene una gran importancia clínica pues requiere de intervención terapéutica para favorecer un desarrollo motor idóneo del niño y prevenir posibles patologías músculo-esqueléticas.

Realizando un análisis funcional de los parámetros estudiados, en este estudio se estudió el *ángulo de Helbing* en dinámico para determinar el grado de pronación del pie. Tanto en el pretest como en el posttest, los niños presentaron valores estimados como patológicos (tabla 1), considerando que los sujetos realizaban una excesiva pronación de los pies durante la marcha. Esta alteración biomecánica y funcional puede deberse a múltiples causas, entre las que se incluyen: debilidad de la musculatura de la extremidad inferior, laxitud o debilidad de los mecanismos que normalmente controlan el arco medial longitudinal o una forma anómala de los huesos del pie. Independientemente del origen, durante la marcha⁶ la parte posterior del pie cae en pronación (eversión) desmesuradamente después del contacto del talón con el suelo. Teniendo en cuenta que contamos con niños sanos y activos, nosotros consideramos que la causa más probable sería una alteración de la actividad muscular. Desde un punto de vista funcional, según Simoneau⁶, Kapandji²³ y Sahrman²⁴, el exceso de pronación obedece a un control defectuoso en excéntrico de la musculatura supinadora del pie (músculos tibial posterior, gemelos y sóleo) y de la musculatura que mantiene el arco longitudinal interno de la bóveda plantar (tibial posterior y flexor largo del primer dedo del pie, principalmente).

En este estudio también se analizó la *línea femorotibial* en dinámico para determinar la alineación (valgo-varo) de la rodilla durante la marcha. Tanto en el pretest como en el posttest, los valores de la línea femorotibial fueron patológicos y determinaron que la muestra presentaba unas rodillas con un valgo excesivo. Por tanto, existía una diferencia funcional entre la musculatura aductora y abductora. Según Simoneau⁶ y Sahrman²⁵, la presencia del valgo en rodilla se debe al acortamiento de los músculos aductores (rotador interno, aductor y antevorsor) y recto interno (aductor) así como al debilitamiento del tensor de la fascia lata y glúteo mediano (separadores). Teniendo en cuenta las tres funciones de los músculos aductores^{26,27}, fue importante también el papel del músculo piramidal, como rotador externo, y músculo glúteo mayor, como rotador externo y retroversor de la pelvis, para la corrección de la línea femorotibial.

Y por último, se analizó el *ángulo de Fick* para determinar la rotación de la cadera durante la marcha. Tanto en el pretest como en el posttest, los valores determinaron la presencia de una marcada rotación interna de cadera. Por tanto, existía una diferencia funcional entre la musculatura rotadora interna y externa. Según Simoneau⁶ y Sahrman²⁸, la presencia de rotación interna de cadera se debe al acortamiento de los músculos aductores (rotador interno, aductor y anteverdor) y recto interno o grácil (aductor) y un debilitamiento de músculo piramidal (rotador externo), glúteo mayor (retroversor y rotador externo), tensor de la fascia lata, glúteo mediano y menor (separadores y rotadores externos).

Es importante tener presente este patrón de marcha patológico observado con mayor frecuencia en la clínica y de su correspondiente abordaje terapéutico con el objetivo de, según la literatura, evitar posibles patologías a corto⁸⁻¹² y largo plazo²⁹⁻³⁸. Entre los posibles tratamientos, la tendencia actual es el uso de zapatos ortopédicos, ortesis plantares, vendajes, etc. Sería interesante plantear un abordaje mediante ejercicio físico terapéutico, dada la causa funcional de dichas alteraciones angulares del patrón de marcha patológico.

Como conclusión, se manifiesta la presencia de un patrón de marcha patológico caracterizado por una excesiva pronación global de miembros inferiores completos en deportistas de edad escolar (9-12 años) que no se modificó con el crecimiento natural de los niños ni con el entrenamiento de su práctica deportiva en un periodo de tres meses.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Hunt AE, Fahey AJ, Smith RM. Static measures of calcaneal deviation and arch angle as predictors of rearfoot motion during walking. *Aust J Physiother*. 2000;46(1):9-16.
- Chang R, Van Emmerik R, Hamill J. Quantifying rearfoot-forefoot coordination in human walking. *J Biomech*. 2008;41(14):3101-5.
- Pohl MB, Buckley JG. Changes in foot and shank coupling due to alterations in foot strike pattern during running. *Clin Biomech*. 2008;23(3):334-41.
- Harris-Hayes M, Sahrman SA, Norton BJ, Salsich GB. Diagnosis and management of a patient with knee pain using the movement system impairment classification system. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008;38(4):203-13.
- Sahrman SA. Conceptos y principios del movimiento. En: Sahrman SA, editor. *Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento*. 1ª ed. Badalona: Paidotribo; 2002. p. 11-53.
- Simoneau GG. Kinesiology of walking. En: Neumann DA, editor. *Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for Rehabilitation*. 2ª ed. St Louis, Missouri: Mosby Elsevier; 2010. p. 627-71.
- Lelievre J, Lelievre JF. *Patología del pie*. 4ª ed. Barcelona: Masson SA; 1987.
- Dunn JF. Osgood-Schlatter disease. *Am Fam Physician*. 1990;41:173-6.
- Wall EJ. Osgood-Schlatter disease: practical treatment for a self-limited condition. *Phys Sport Med*. 1998;26:29-34.
- Ogden JA. Radiology of postnatal skeletal development. X. Patella and tibial tuberosity. *Skeletal Radiol*. 1984;11:246-57.
- Micheli LJ, Fehlandt AF Jr. Overuse injuries to tendons and apophyses in children and adolescents. *Clin Sports Med*. 1992;11:713-26.
- Volpon JB, Carvalho G. Calcaneal apophysitis: a quantitative radiographic evaluation of the secondary ossification center. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2002;122:338-41.
- Hernández M, Castellet J, García M, Narvaiza JL, Rincón JM, Ruiz I. Curvas de crecimiento. Instituto de Investigación sobre crecimiento y desarrollo. Bilbao: Fundación Faustino Orbegozo Eizaguirre; 1988.
- Fluss SS. How the Declaration of Helsinki developed. *GCP Journal*. 1999; 6(6):18-22.
- Ripani M, Ciccirelli A, Morini S, Riccardi G, Michielon G. Evaluation of foot support in rugby players: a baropodometric analysis. *Sport Sci Health*. 2006;1:104-8.
- Plas F, Viel E, Blanch Y. *La marcha humana*. 1ª ed. París: Vigot; 2002.
- Pretkiewicz-Abacjew E. Knock knee and gait of six-year-old children. *J Sports Med Phys Fitness*. 2003;43:156-64.
- Salenius P, Vankaa E. The development of the tibiofemoral angle in children. *J Bone Joint Surg Am*. 1975;57:259-61.
- De Sá Pinto PL, De Barros Holanda PM, Radu AS, Villares SM, Lima FR. Musculoskeletal findings in obese children. *J Paediatr Child Health*. 2006;42(6):341-4.
- Stovitz SD, Pardee PE, Vázquez G, Duval S, Schwimmer JB. Musculoskeletal pain in obese children and adolescents. *Acta Paediatr*. 2008;97(4):489-93.
- Tecklin JS. *Pediatric physical therapy*. 2ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 1994.
- Grisogono V. *The knee problema and prevention*. 1ª ed. London: John Murray; 1998.
- Kapandji AI. *Fisiología articular (Tomo II)*. 6ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 2010.
- Sahrman SA. Movement system syndrome of the Foot and Ankle. En: Sahrman SA, editor. *Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines*. 1ª ed. St Louis: Missouri: Mosby Elsevier; 2011. p. 439-80.
- Sahrman SA. Movement system syndrome of the knee. En: Sahrman SA, editor. *Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines*. 1ª ed. St Louis: Missouri: Mosby Elsevier; 2011. p. 354-438.
- Lengsfeld M, Pressel T, Stammberger U. Lengths and lever arms of hip joint muscles: geometrical analysis using a human multibody model. *Gait Posture*. 1997;6:18-26.
- Neumann DA. Hip. En: Neumann DA, editor. *Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for Rehabilitation*. 2ª ed. St Louis, Missouri: Mosby Elsevier; 2010. p. 491.
- Sahrman SA. Síndrome de alteración del movimiento de la cadera. En: Sahrman SA, editor. *Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento*. 1ª ed. Badalona: Paidotribo; 2002. p. 129-206.
- Shepsis AA, Leach RE, Gorzyca J. Plantar fasciitis, etiology, treatment, surgical results and review of the literature. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;266:185-96.
- Lee SY, Hertel J, Lee SC. Rearfoot eversion has indirect effects on plantar fascia tension by changing the amount of arch collapse. *Foot*. 2010;20(2-3):64-70.
- Rabbito M, Pohl MB, Humble N, Ferber R. Biomechanical and clinical factors related I Posterior Tibial Tendon Dysfunction. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41(10):776-84.
- Powers CM, Maffucci R, Hampton S. Rearfoot posture in subjects with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;22:155-60.
- Tanamas S, Hanna FS, Cicuttini FM, Wluka AE, Berry P, Uguhart DM. Does knee malalignment increase the risk of development and progression of knee osteoarthritis? A systematic review. *Arthritis Rheum*. 2009;61:459-67.
- Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA*. 2001;286:188-95.
- Felson DT, Goggins J, Niu J, Zhang Y, Hunter DJ. The effect of body weight on progression of knee osteoarthritis is dependent on alignment. *Arthritis Rheum*. 2004;50:3904-9.
- Sharma L, Lou C, Cahue S, Dunlop DD. The mechanism of the effect of obesity in knee osteoarthritis: the mediating role of malalignment. *Arthritis Rheum*. 2000;43:568-75.
- Cerejo R, Dunlop DD, Cahue S, Channin D, Song J, Sharma L. The influence of alignment on risk of knee osteoarthritis progression according to baseline stage of disease. *Arthritis Rheum*. 2002;46:2632-6.
- Barbee Ellison J, Rose SJ, Sharmann SA. Patterns of hip rotation range of motion: a comparison between healthy subjects and patients with low back pain. *Phys Ther*. 1990;70:537-41.



Original

Efectos de un programa multiprofesional de tratamiento de la obesidad sobre los factores de riesgo para síndrome metabólico en niños prepúberes, púberes y adolescentes: diferencias entre géneros

J. A. Alves Bianchini, D. Fernandes da Silva, C. A. Lopera, A. Rui Matsuo, V. Drieli Seron Antonini y N. Nardo Junior

Núcleo de Estudos Multiprofissional da Obesidade - NEMO. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Paraná. Brasil.

Historia del artículo:

Recibido el 23 de julio de 2012

Aceptado el 9 de agosto de 2013

Palabras clave:

Niños.

Adolescente.

Género.

Obesidad.

Síndrome Metabólico.

Key words:

Children.

Adolescents.

Gender.

Obesity.

Metabolic Syndrome.

Correspondencia:

J. A. A. Bianchini.

Av. Colombo 5790.

Jd. Universitário, Maringá.

PR, 87020-900.

Maringá, Paraná-Brasil.

Correo electrónico: josi_edf@hotmail.com

RESUMEN

Objetivo. Analizar los efectos de un programa multidisciplinar de tratamiento de la obesidad (PMTO) sobre los factores de riesgo del Síndrome Metabólico (SM) en niños prepúberes, púberes y adolescentes de acuerdo con el género.

Método. Participaron en el estudio 69 niños y adolescentes obesos entre 10 y 18 años de edad divididos en dos grupos: grupo de intervención (GI) (n = 37) y grupo control (GC) (n = 32). En el GI había 23 niñas, en el GC 14. El GI fue sometido a intervención multidisciplinar, con duración de 16 semanas. Se evaluaron parámetros antropométricos, aptitud cardiorrespiratoria y factores de riesgo para SM.

Resultados. Se observó que el GI obtuvo reducción en la prevalencia de SM (- 35,8 % para género masculino y - 8,7 % para femenino), entre tanto se mantuvo el valor en las niñas del grupo GC y aumentó en los niños del GC (+ 11,1 %). En relación a dislipidemias, hubo una reducción en el GI para ambos géneros (- 7,2 % para el masculino; - 17,4 % para el femenino), y para el GC se observó aumento para el masculino (+ 22,2 %) y femenino (14,3 %). Las niñas del GI tuvieron mejoras significativas para las variables índice de masa corporal, circunferencia de cintura y cadera, y sensibilidad a la insulina, que no fueron observadas en el género masculino del GI, que presentaron aumento de masa magra.

Conclusión. Los resultados del estudio muestran que 16 semanas de intervención multidisciplinar, basada en una terapia cognitivo-conductual, son suficientes para promover reducción de la prevalencia de SM y dislipidemias en niños y adolescentes obesos.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Effects of a multidisciplinary program of obesity treatment on risk factors for metabolic syndrome in children in prepubertal, pubertal and adolescent stages: differences between genders

Objective. To analyze the effects of a multidisciplinary program of obesity treatment (PMTO) on risk factors for metabolic syndrome (MS) in children and adolescents at prepubertal, pubertal and adolescents stages according to gender.

Method. The study included 69 obese children and adolescents aged 10 to 18 years. They were allocated to the intervention group (GI) (n = 37) and control group (GC) (n = 32). There were 23 girls in GI and 14 in GC. The GI was submitted to the multidisciplinary intervention, lasting 16 weeks. It was assessed anthropometric parameters, cardiorespiratory fitness and risk factor for MS.

Results. We found that the GI achieved a reduction in the prevalence of MS (7.1 % for boys and 8.7 % for girls), and in GC a maintenance for girls and increasing for boys. For dyslipidemia, a reduction in GI for both genders (boys 78.6 % to 71.4 %; girls 82.6 % to 65.2 %), and increasing in GC for both genders. GI Girls had significant improvements for the variables, body mass index, waist circumference, hip circumference and insulin sensibility which was not observed in GI boys who increased lean body mass.

Conclusion. The findings show that 16 weeks of multidisciplinary intervention based on cognitive behavioral therapy are sufficient to promote decreasing in the prevalence of MS and dyslipidemia in obese children and adolescents.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la proporción de niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad ha aumentado sustancialmente en diferentes países¹, a pesar de que en algunos lugares ha habido una estabilización del índice de masa corporal y circunferencia de cintura en niños y reducción de estas mismas variables en las niñas². Datos de los Estados Unidos muestran la existencia de un 16,9 % de niños y adolescentes con obesidad. Asimismo, hay una particular tendencia de crecimiento en niños en comparación con las niñas entre los años 1999-2000 y 2009-2010³. En este sentido, el análisis de los datos epidemiológicos expresa resultados alarmantes, ya que el impacto de la obesidad sobre el organismo, frecuentemente conlleva a un aumento en la morbilidad y mortalidad de la población⁴.

La acumulación excesiva de grasa desencadena cambios metabólicos que constituyen factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas no transmisibles como la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares^{5,6}. Entre estos cambios se incluye la hipercolesterolemia, hipertensión arterial y la hiperglucemia en ayuno. En esta línea, el conjunto de dos o más factores de riesgo, sumados a la obesidad central (medida de la Circunferencia de Cintura [CCi]), constituye el cuadro de síndrome metabólico (SM)⁷.

Entre los factores de riesgo se incluirían los altos niveles séricos de colesterol total, acompañados de niveles elevados de colesterol LDL, triglicéridos, y un reducido nivel de colesterol HDL en la obesidad⁸. Dichos niveles anormales de lípidos y lipoproteínas definen el estado de dislipidemia⁹, que puede constituir para la población pediátrica, un riesgo para enfermedades cardiovasculares⁸.

Así mismo, estudios con niños y adolescentes obesos han demostrado que este grupo presenta una elevada prevalencia de SM y dislipidemia. Por dicho motivo, un tratamiento multidisciplinar enfocado en la actividad física, nutrición e intervención psicológica, se ha demostrado eficaz en la reducción de estos índices⁹⁻¹¹. El estudio de Romeo et al.¹¹, por ejemplo, demostró que había mejoras sobre parámetros cardiometabólicos (reducción de la presión arterial diastólica), además de disminución en los niveles de citocinas proinflamatorias (por ejemplo: IL-8, IL-10 y TNF- α) en adolescentes con exceso de peso después de 12 semanas de intervención multidisciplinar.

Estas intervenciones están basadas en la promoción de cambios en el comportamiento alimenticio y de los estilos de vida de estos niños y adolescentes^{10,11}. En este sentido, la terapia cognitivo-conductual se ha destacado en el tratamiento de la obesidad. La base de dicha terapia es el análisis y modificación de comportamientos disfuncionales asociados al estilo de vida de los sujetos, reforzando la motivación con relación al tratamiento, evitando recaídas y posible recuperación del peso¹². Además de esto, son escasos los estudios que evaluaron los efectos de acuerdo con el género de un programa de tratamiento de la obesidad, sobre parámetros relacionados con el SM en niños y adolescentes^{13,14}.

Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue analizar los efectos de un programa multidisciplinar de tratamiento de la obesidad (PMTO) sobre los factores de riesgo del síndrome metabólico en niños prepúberes, púberes y adolescentes, de acuerdo con el género.

MÉTODOS

Sujetos

Participaron en el estudio 69 niños y adolescentes obesos, convocados a través de los medios de comunicación, para participar en el

PMTO en el año 2011. La edad de los niños y adolescentes varió entre 10 y 18 años.

Los criterios de inclusión adoptados fueron los siguientes: presentar obesidad de acuerdo con los puntos de corte establecidos por Cole et al.¹⁵, a partir del valor de referencia para adulto (30 kg/m²) basados en la edad y género del menor, consentimiento del participante y su responsable en participar en el PMTO y disponibilidad para participar integralmente en las intervenciones. Por su parte, los criterios de exclusión fueron: problemas genéticos o endocrinos (por ejemplo: síndrome de Cushing, síndrome de Prader Willi, síndrome de Barto-Biell, hipotiroidismo, síndrome del ovario poliquístico, y diabetes tipo 1 previamente diagnosticados e informados por el pediatra, consumo de alcohol de larga evolución y uso de glucocorticoides o de psicotrópicos que pueden afectar en la regulación del apetito. Así mismo, los candidatos que presentaban alteraciones en el perfil lipídico, hipertensión arterial o diabetes tipo 2, también fueron incluidos en el estudio, al tratarse de factores que se incluyen en el diagnóstico de dislipidemia¹⁶ y síndrome metabólico⁷.

El grupo control (GC) fue formado también por adolescentes que no presentaron los criterios de exclusión, pero no participaron de las intervenciones multidisciplinarias, y fueron evaluados antes y después de 16 semanas.

Del total de niños y adolescentes inicialmente evaluados, 37 formaron el grupo de intervención (GI) y 32 del GC. Los participantes también fueron subdivididos por género para los análisis de acuerdo con el objetivo del estudio. El GI fue formado por 23 niñas (62,2 %) y en el GC por 14 (43,8 %).

El estudio fue aprobado por el comité de ética local (protocolo 463/2009) de acuerdo con las recomendaciones de la declaración de Helsinki.

Protocolo de intervención multidisciplinar

La intervención multidisciplinar tiene una duración de 16 semanas y se realiza en dos periodos por año. En cada periodo de 16 semanas, las intervenciones se realizan los lunes, miércoles y viernes, de las 16 a las 18 horas, contando con un equipo multidisciplinar compuesto por educadores físicos, nutricionistas, una psicóloga y un médico pediatra. El principal objetivo del equipo fue contribuir con el proceso de cambios de hábitos alimenticios y práctica de actividad física, basada en una terapia cognitivo-conductual.

Intervención psicológica

La intervención psicológica se realizaba los viernes, entre las 4 y las 5 de la tarde, por una psicóloga especialista en terapia cognitivo-conductual y estudiantes del área de psicología. Dichas intervenciones se desarrollan por medio de reuniones semanales en grupo, con la finalidad de abordar los siguientes temas: a) establecimiento de metas; b) auto-observación de los propios comportamientos y consecuencias (inmediatas, a medio y largo plazo); c) discriminación de sensaciones y análisis de sentimientos; d) imagen corporal; e) ampliación de autoconocimiento y análisis de eventos internos (pensamientos) y sus consecuencias; f) aspectos relacionados con la automotivación y autocontrol, y g) relaciones interpersonales (habilidades sociales).

Intervención nutricional

Intervención basada en una terapia cognitivo-conductual dirigida únicamente a orientaciones sobre aspectos nutricionales, sin ningún tipo de

restricción o prescripción calórica, llevada por dos nutricionistas con experiencia. Los temas sobre los que están enfocadas las intervenciones son: a) pirámide alimentaria; b) cantidad energética de los alimentos; c) importancia de los macro y micronutrientes y su relación con la salud; d) composición nutricional de los alimentos; e) control de las porciones; f) estrategias para alimentarse fuera de casa; g) alimentos *diet* frente a *light*; h) preparación de los alimentos saludables; i) frecuencia de la alimentación. Estas intervenciones se realizaron los miércoles de cada semana, entre las cuatro y las cinco de la tarde.

Intervención de los profesionales de educación física

Se realizaron intervenciones teóricas semanales los lunes, llevadas a cabo por los profesionales y estudiantes de educación física en grupos dentro de un aula, a fin de fortalecer informaciones, aclarar los beneficios de la práctica de actividad física y estimularlos a la práctica de actividad física fuera del horario de intervención. Además de eso, se promovió la práctica de actividad física orientada con frecuencia mínima de tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) con una duración media de una hora por sesión (entre las cinco y las seis de la tarde). Se priorizaron los ejercicios para grupos musculares localizados como abdominales, flexiones de brazo, sentadillas, y ejercicios con balón medicinal ($60 - 66\% FC_{max}$) (~20% del tiempo de la intervención), caminar/correr ($54 - 59/75 - 84\% FC_{max}$) (~30%) y baloncesto ($82 - 89\% FC_{max}$) (~50%). Se utilizó un pulsómetro para monitorizar las intervenciones (polar FT1, polar electro, Kempele, Finlandia) siendo las intensidades determinadas a partir de la FC_{max} obtenida en el test Léger de 20 metros para evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria.

Intervención médica

La intervención médica fue realizada por un pediatra a través de consultas individuales con los responsables junto a sus hijos en el primer sábado de la semana después de iniciada la intervención en el periodo de la mañana, con el objetivo de preguntarles sobre el inicio del exceso de peso y patologías que ya habían sido diagnosticadas antes de la participación del mismo en el programa y que pudieran interferir en los resultados, además de informarles de la importancia sobre determinados hábitos y sus principales efectos para el estado general de salud de los mismos.

Intervención con los responsables

Además de la reunión inicial, los responsables fueron invitados a cuatro reuniones con los profesionales involucrados en el estudio (una en cada mes), a fin de aclarar temas sobre la importancia de la familia en el proceso de cambios de hábitos alimenticios y de actividad física de los niños y adolescentes. Además de eso, se dispuso un tiempo para informar a los responsables de manera individual sobre los resultados parciales de los participantes.

Evaluaciones

Todas las evaluaciones preintervención fueron realizadas una semana antes de iniciar el PMTO y las evaluaciones postintervención fueron realizadas en la semana siguiente de finalizado el periodo de intervención.

Evaluación del desarrollo puberal

El periodo de desarrollo puberal fue determinado en el inicio de la intervención, según el método de autoevaluación a partir de las tablas de

Tanner¹⁷. Los niños que indicaron de acuerdo con las fotos el periodo 1 fueron considerados prepúberes, lo cual representa la ausencia de la característica sexual secundaria relacionada con el vello pubiano, los que indicaron el periodo 2 y 3 fueron clasificados como púberes, que representa el periodo de desarrollo sexual a partir del aumento de el vello pubiano y los que indicaron los periodos 4 y 5 como adolescentes, que representa el periodo de desarrollo sexual completo.

Evaluación antropométrica

La semana anterior al inicio del PMTO y una semana después de terminado, los niños y adolescentes fueron evaluados en diversos ítems, los cuales incluyeron la medida del peso, altura, índice de masa corporal (IMC), circunferencia de cintura (CCi) y circunferencia de cadera (CCa). El peso fue medido por medio de una balanza de la marca Welmy (Welmy, São Paulo, Brasil) con capacidad para medir hasta 300 kg y precisión de 0,05 kg. La altura fue medida en un estadiómetro acoplado a esta balanza con capacidad de medir hasta 2 metros y precisión de 0,1 cm. El IMC fue calculado a partir de la división del peso por la altura al cuadrado. Las CCi y CCa fueron medidas con la ayuda de una cinta no extensiva de la marca WISO (WISO, Santa Catarina, Brasil) con capacidad para medir hasta 2 metros y precisión de 0,1 cm.

La composición corporal fue analizada mediante *Dual energy x-ray absorptiometry* (DEXA) de cuerpo completo (GE Healthcare Lunar enCORE, Denver, EUA). Los sujetos fueron evaluados por la tarde (a partir de las 15 horas), con ropa ligera, descalzos, sin llevar ningún objeto metálico y con un mínimo de dos horas de ayuno, inclusive sin beber agua. En este sentido, fueron computadas las variables: masa grasa relativa y absoluta y masa magra.

Examen de sangre, evaluación de presión arterial y capacidad cardiorrespiratoria

Se determinaron antes y después de un periodo de intervención los parámetros: glucemia, insulinemia, colesterol total y sus fracciones (c-HDL, c-LDL y c-VLDL), triglicéridos, presión arterial sistólica y diastólica y el consumo máximo de oxígeno.

Se tomaron muestras de sangre por especialistas de un laboratorio comercial (Laboclin, Bahía, Brasil) después de 12 horas de ayuno durante el periodo de la mañana.

La medición de la presión arterial se realizó después del periodo de 5 a 10 minutos de reposo, por medio de un esfigmomanómetro automático (Microlife, Argovia, Suiza). La evaluación fue hecha en el brazo derecho, con el tamaño de manguito adecuado para la población, siendo la medida hecha en sedestación.

El consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) fue determinado indirectamente con el uso del test de Léger de 20 metros. Éste es un test máximo iniciado a 8,5 Km/h con incrementos progresivos de 0,5 Km/h cada minuto, hasta que el sujeto llegue al cansancio. Los participantes fueron orientados durante las carreras de 20 metros por una señal sonora y por uno de los miembros del equipo de educación física, que corrió junto a ellos para motivarlos y auxiliarlos en el ritmo de carrera y, consecuentemente, facilitar la familiarización con el test. Fueron analizadas las medidas estimadas del VO_{2max} relativo^{18,19}.

Diagnóstico del síndrome metabólico, dislipidemias y resistencia y sensibilidad a la insulina

Para el diagnóstico del síndrome metabólico se utilizaron los criterios propuestos por el *International Diabetes Federation (IDF)*⁷. Así, los factores considerados de riesgo para la caracterización de SM son: triglicéridos ≥ 150

mg/dl; glucemia ≥ 100 mg/dl o diagnóstico previo de diabetes tipo 2; presión arterial sistólica ≥ 130 mmHg y/o presión arterial diastólica ≥ 85 mmHg; colesterol HDL < 40 mg/dl para aquellos con edad de 10 a 16 años y < 40 mg/dl para aquellos con más de 16 años y < 50 mg/dl para género femenino con más de 16 años; CCI mayor del percentil 90 de acuerdo con el género y la edad. En este sentido, si tres o más de los cinco factores citados estuvieron alterados, incluyendo obligatoriamente la CCI aumentada, se consideró como presencia del síndrome metabólico²⁰.

Respecto al diagnóstico de dislipidemias, se realizó considerando la alteración de por lo menos 1 de 4 variables analizadas: colesterol total ≥ 170 mg/dl, c-HDL < 45 mg/dl, c-LDL ≥ 130 mg/dl y triglicéridos ≥ 130 mg/dl. Los puntos de corte utilizados fueron los recomendados por *I Diretriz brasileira para a prevenção da aterosclerose na infância e na adolescência*¹⁶.

La resistencia y la sensibilidad a la insulina fueron evaluados por el *homeostasis model assessment insulin-resistance index (HOMA-IR)* y por el *quantitative insulin sensibility check index (QUICKI)*, respectivamente. El HOMA-IR fue calculado por la glucemia de ayuno junto con la insulinemia, utilizándose la fórmula: [glucemia (en mg/dl) x insulinemia (en mili-unidades/l)]/405²¹. Por su parte, el QUICKI fue calculado por la fórmula: $1/(\log \text{ insulinemia} + \log \text{ glucemia})$ ²². En este sentido, los valores recomendados del HOMA-IR son aquellos por debajo de 2,0 mientras que para QUICKI son aquellos mayores que 0,339²².

Análisis estadístico

Se analizó la normalidad de los datos a partir del test de Shapiro-Wilk. Se realizó un estudio estadístico descriptivo (medidas de tendencia central y dispersión) e inferencial (comparación entre momentos, grupos experimentales y géneros). Para el tratamiento de los datos, se empleó el test "t de Student" para datos pareados. El nivel de significancia fue preestablecido en 5%. Fueron calculados los tamaños de efecto (TE) ([media del

postest - media del pretest]/desvió padrón del pretest) para determinar la magnitud de los efectos de la intervención. La magnitud del efecto (TE) fue clasificada, de acuerdo con Cohen²³, como: $\leq 0,20$ (trivial), entre 0,21 y 0,50 (pequeño), entre 0,51 y 0,80 (moderado) y $> 0,80$ (grande).

RESULTADOS

En el GI, el 71 % (1 niño) del género masculino fue clasificado como prepúber, 64,3 % (9 niños) como púberes y 28,6 % (4 niños) como adolescentes. En el género femenino del mismo grupo, 34,8 % (8 niñas) fueron clasificadas como púberes y 65,2 % (15 niñas) como adolescentes. En el GC, 50 % (9 niños) del género masculino fueron clasificados como púberes y los otros 50 % (9 niños) como adolescentes. Para el género femenino los valores fueron 28,6 % (4 niñas) clasificadas como púberes y 71,4 % (10 niñas) como adolescentes.

Según las figuras 1 y 2, en el inicio de la intervención, la prevalencia de SM fue de 42,9 % en los niños y adolescentes del género masculino del GI y 17,4 % en el género femenino del mismo grupo. En el GC, la prevalencia de SM entre géneros masculino y femenino fue de 33,3 % y 21,4 % respectivamente. Después de 16 semanas de intervención, se observó la reducción de esos valores en el GI (7,1 % para género masculino y 8,7 % para el femenino), se mantuvo el valor en el femenino del GC y aumentó en el masculino del GC (44,4 %). En relación a las dislipidemias, hubo una reducción en el GI para ambos géneros (masculino de 78,6 % para 71,4 %; femenino de 82,6 % para 65,2 %). Para el GC se observó un aumento para ambos géneros (género masculino de 72,2 % para 94,4 % y femenino de 71,4 % para 85,7 %). En cuanto a resistencia a la insulina, el análisis del HOMA-IR reveló que, en el inicio de la intervención, 78,6 % del género masculino y 95,7 % del género femenino del GI presentaron valores iguales o mayores que 2,0. Después de 16 semanas de intervención, no hubo

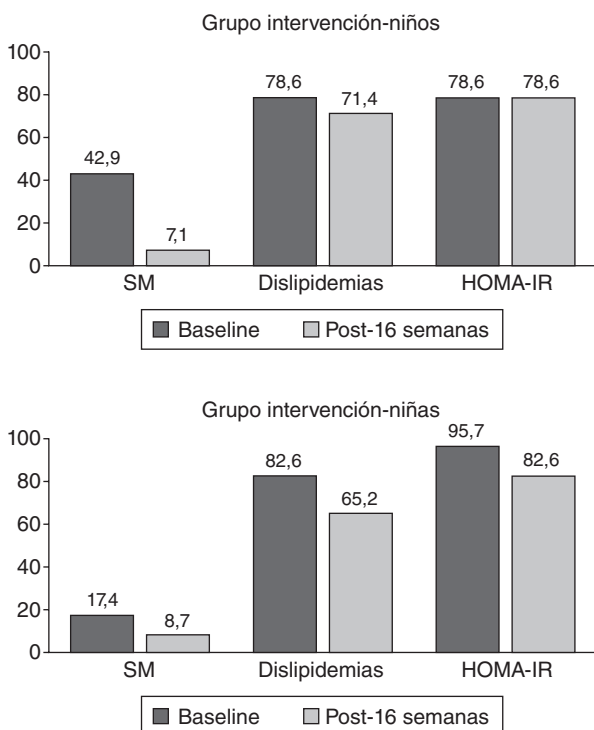


Fig. 1. La prevalencia de síndrome metabólico y la dislipemia en los niños (n = 14) y niñas (n = 23) del grupo de intervención antes y después de 16 semanas de intervención.

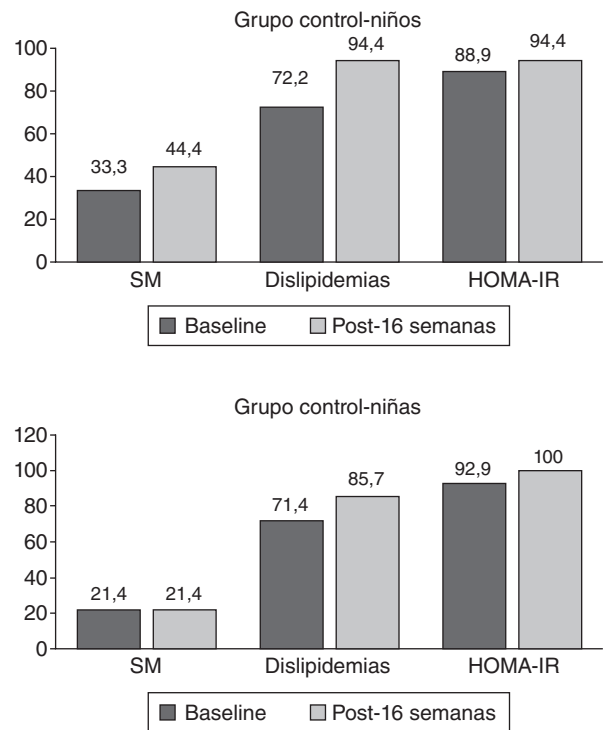


Fig. 2. La prevalencia de síndrome metabólico y la dislipemia en los niños (n = 18) y niñas (n = 14) del grupo control antes y después de 16 semanas de acompañamiento.

Tabla 1

Parámetros antropométricos y capacidad cardiorrespiratoria antes y después de 16 semanas de intervención según género

| Variable | Masculino | | | | | | Femenino | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|------------------------|-----------------|------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| | Grupo intervención (n = 14) | | | Grupo control (n = 18) | | | Grupo intervención (n = 23) | | | Grupo control (n = 14) | | |
| | Baseline | Post-16 semanas | TE | Baseline | Post-16 semanas | TE | Baseline | Post-16 semanas | TE | Baseline | Post-16 semanas | TE |
| Peso (kg) | 81,27 ± 19,02 | 82,50 ± 18,32 | 0,06 (trivial) | 86,61 ± 20,35 | 88,02 ± 20,46* | 0,07 (trivial) | 84,59 ± 11,37 | 83,74 ± 10,92 | - 0,07 (trivial) | 80,09 ± 11,51 | 81,07 ± 11,09 | 0,09 (trivial) |
| Altura (m) | 1,59 ± 0,13 | 1,61 ± 0,12* | 0,15 (trivial) | 1,65 ± 0,11 | 1,66 ± 0,11* | 0,09 (trivial) | 1,61 ± 0,57 | 1,62 ± 0,57* | 0,02 (trivial) | 1,61 ± 0,73 | 1,62 ± 0,69* | 0,01 (trivial) |
| IMC (kg/m ²) | 32,01 ± 6,19 | 31,77 ± 6,43 | - 0,04 (trivial) | 31,47 ± 4,76 | 31,35 ± 4,79 | - 0,03 (trivial) | 32,55 ± 3,57 | 31,80 ± 3,49* | - 0,21 (pequeño) | 30,80 ± 3,66 | 30,89 ± 3,70 | 0,02 (trivial) |
| CCa (cm) | 110,24 ± 12,78 | 107,71 ± 12,31 | - 0,20 (trivial) | 108,64 ± 12,11 | 109,08 ± 10,73 | 0,04 (trivial) | 113,83 ± 6,92 | 111,65 ± 6,53* | - 0,32 (pequeño) | 109,39 ± 8,94 | 111,82 ± 7,58 | 0,27 (pequeño) |
| VO _{2max} (ml/kg/min) | 23,87 ± 5,10 | 25,46 ± 6,13* | 0,31 (pequeño) | 25,26 ± 4,67 | 25,73 ± 3,93 | 0,10 (trivial) | 22,42 ± 2,43 | 24,03 ± 3,51* | 0,66 (moderado) | 24,07 ± 3,44 | 22,67 ± 2,33 | - 0,41 (pequeño) |
| Grasa (%) | 49,25 ± 5,60 | 46,54 ± 6,10* | - 0,48 (pequeño) | 43,02 ± 6,75 | 41,99 ± 6,44* | - 0,15 (trivial) | 50,59 ± 4,26 | 49,13 ± 4,55* | - 0,34 (pequeño) | 48,39 ± 4,42 | 49,04 ± 4,55 | 0,15 (trivial) |
| Grasa (kg) | 38,55 ± 11,07 | 36,82 ± 10,88 | - 0,16 (trivial) | 35,98 ± 10,69 | 35,77 ± 11,31 | - 0,02 (trivial) | 40,91 ± 7,37 | 39,30 ± 7,24* | - 0,22 (pequeño) | 37,34 ± 7,81 | 38,19 ± 7,89 | 0,11 (trivial) |
| Masa magra (kg) | 39,47 ± 10,27 | 41,75 ± 9,67* | 0,22 (pequeño) | 47,08 ± 10,92 | 48,42 ± 10,39* | 0,12 (trivial) | 39,64 ± 5,58 | 40,37 ± 5,20 | 0,13 (trivial) | 39,04 ± 4,53 | 39,11 ± 4,65 | 0,02 (trivial) |

*Diferencia significativa para el momento *baseline* dentro del mismo grupo. CCa: circunferencia de cadera; IMC: Índice de Masa Corporal; TE: tamaño de efecto.

ningún cambio en la prevalencia de la alteración en el género masculino. Entre tanto, se verificó una reducción de 82,6 % en el género femenino. En el GC, los valores del masculino y femenino en el *baseline* fueron de 88,9 % y 92,9 %, respectivamente. Valores que aumentaron después de las 16 semanas para 94,4 % en masculino y 100 % en femenino.

En la tabla 1 se encuentran los datos referentes a los parámetros antropométricos y capacidad cardiorrespiratoria. En la tabla 2 se presentan los datos referentes a los parámetros sanguíneos, presión arterial y CCI.

Durante el momento preintervención (*baseline*) hubo diferencias entre el género masculino y femenino para la masa grasa relativa y masa magra en el GC. Ninguna diferencia fue observada entre géneros en el GI.

DISCUSIÓN

El principal resultado encontrado en el estudio fue que 16 semanas de intervención multidisciplinaria basada en una terapia cognitivo-conduc-

Tabla 2

Parámetros sanguíneos, presión arterial y circunferencia de cintura antes y después de 16 semanas de intervención según género

| Variable | Masculino | | | | | | Femenino | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|-------------------|------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|----------------|-------------------|------------------------|----------------|------------------|
| | Grupo intervención (n = 14) | | | Grupo control (n = 18) | | | Grupo intervención (n = 23) | | | Grupo control (n = 14) | | |
| | Baseline | Pos-16 semanas | TE | Baseline | Pos-16 semanas | TE | Baseline | Pos-16 semanas | TE | Baseline | Pos-16 semanas | TE |
| Glucemia (mg/dl) | 86,57 ± 7,75 | 85,43 ± 8,24 | - 0,15 (trivial) | 87,17 ± 6,60 | 85,78 ± 7,04 | - 0,21 (pequeño) | 88,39 ± 7,20 | 89,48 ± 8,36 | 0,15 (trivial) | 86,36 ± 8,82 | 83,50 ± 8,07 | 0,24 (pequeño) |
| Insulina (mg/dl) | 16,31 ± 7,70 | 18,61 ± 11,80 | 0,30 (pequeño) | 20,11 ± 9,77 | 21,02 ± 8,45 | 0,09 (trivial) | 20,87 ± 7,79 | 18,23 ± 12,01 | - 0,34 (pequeño) | 21,17 ± 9,21 | 23,30 ± 18,57 | 0,23 (pequeño) |
| HOMA-IR | 3,51 ± 1,68 | 3,99 ± 2,67 | 0,29 (pequeño) | 4,35 ± 2,16 | 4,54 ± 2,07 | 0,09 (trivial) | 4,60 ± 1,91 | 4,05 ± 2,66 | - 0,29 (pequeño) | 4,59 ± 2,23 | 5,01 ± 4,58 | 0,19 (trivial) |
| QUICKI | 0,325 ± 0,028 | 0,322 ± 0,030 | - 0,11 (trivial) | 0,315 ± 0,025 | 0,312 ± 0,024 | - 0,12 (trivial) | 0,310 ± 0,019 | 0,320 ± 0,025* | 0,53 (moderado) | 0,311 ± 0,021 | 0,313 ± 0,023 | 0,10 (trivial) |
| CT (mg/dl) | 161,36 ± 27,03 | 156,00 ± 30,23 | - 0,20 (trivial) | 156,33 ± 30,15 | 149,72 ± 27,88 | 0,22 (pequeño) | 157,17 ± 26,84 | 155,74 ± 27,19 | - 0,05 (trivial) | 165,00 ± 29,93 | 167,36 ± 34,87 | 0,08 (trivial) |
| TG (mg/dl) | 107,21 ± 40,07 | 106,21 ± 47,24 | - 0,02 (trivial) | 110,28 ± 47,58 | 117,50 ± 65,82 | 0,15 (trivial) | 116,83 ± 47,80 | 111,09 ± 70,46 | - 0,12 (trivial) | 116,79 ± 59,76 | 122,86 ± 43,32 | 0,10 (trivial) |
| c-LDL (mg/dl) | 92,13 ± 19,42 | 86,99 ± 25,51 | - 0,26 (pequeño) | 94,00 ± 23,99 | 81,86 ± 27,30* | - 0,51 (moderado) | 88,14 ± 26,61 | 87,97 ± 25,40 | - 0,01 (trivial) | 91,59 ± 21,94 | 94,14 ± 28,25 | 0,12 (trivial) |
| c-HDL (mg/dl) | 47,50 ± 10,65 | 47,64 ± 10,23 | 0,01 (trivial) | 41,39 ± 6,32 | 40,83 ± 4,69 | - 0,09 (trivial) | 45,74 ± 9,16 | 45,17 ± 8,87 | - 0,06 (trivial) | 49,57 ± 15,10 | 48,64 ± 12,20 | - 0,06 (trivial) |
| c-VLDL (mg/dl) | 21,44 ± 8,01 | 21,24 ± 9,45 | - 0,02 (trivial) | 20,94 ± 9,41 | 23,50 ± 13,16 | 0,19 (trivial) | 23,08 ± 9,55 | 22,72 ± 14,04 | - 0,04 (trivial) | 21,93 ± 13,39 | 24,57 ± 8,66 | 0,20 (trivial) |
| PAS (mm Hg) | 128,50 ± 16,55 | 120,71 ± 8,32 | - 0,47 (pequeño) | 131,50 ± 9,98 | 131,94 ± 13,39 | 0,04 (trivial) | 121,61 ± 16,96 | 118,00 ± 9,19 | - 0,21 (trivial) | 123,79 ± 12,15 | 120,21 ± 9,49 | - 0,29 (pequeño) |
| PAD (mm Hg) | 76,43 ± 9,89 | 68,71 ± 5,12* | - 0,78 (moderado) | 72,83 ± 8,35 | 72,22 ± 8,57 | - 0,07 (trivial) | 76,35 ± 8,87 | 70,87 ± 6,78* | - 0,62 (moderado) | 76,29 ± 15,57 | 72,14 ± 8,41 | - 0,27 (pequeño) |
| CCI (cm) | 93,82 ± 11,08 | 91,59 ± 11,97 | - 0,20 (trivial) | 94,86 ± 11,66 | 93,14 ± 10,56 | - 0,15 (trivial) | 91,70 ± 8,04 | 89,19 ± 7,69* | - 0,31 (pequeño) | 88,84 ± 7,79 | 88,36 ± 7,44 | - 0,06 (trivial) |
| Factores de riesgo dislipemia (n) | 1,29 ± 0,91 | 1,07 ± 0,83 | - 0,24 (pequeño) | 1,28 ± 1,18 | 1,28 ± 0,75 | 0,00 (trivial) | 1,17 ± 0,83 | 1,17 ± 1,03 | 0,00 (trivial) | 1,14 ± 1,10 | 1,43 ± 0,94 | 0,26 (pequeño) |
| Factores de riesgo SM (n) | 2,07 ± 1,14 | 1,36 ± 0,75* | - 0,62 (moderado) | 2,11 ± 1,18 | 2,22 ± 1,11 | 0,09 (trivial) | 1,91 ± 1,28 | 1,52 ± 1,08* | - 0,30 (pequeño) | 1,79 ± 1,25 | 1,79 ± 1,05 | 0,00 (trivial) |

*Diferencia significativa para el momento *baseline* dentro del mismo grupo. CCI: circunferencia de cintura; CT: colesterol total; PAD: presión arterial diastólica; PAS: presión arterial sistólica; SM: síndrome metabólico; TE: tamaño de efecto.

tual son suficientes para promover una reducción de la prevalencia de SM y dislipidemias en niños y adolescentes obesos de ambos géneros. Adicionalmente se observó que el género femenino del GI tuvo mejoras significativas en las variables, IMC, CC, IC-C, y QUICKI que no fueron observadas en el género masculino del mismo grupo, por otra parte se observó el aumento de la masa magra en el género masculino del GI, resultado que no fue verificado para el género femenino.

Son pocos los estudios que evalúan los efectos sobre el síndrome metabólico a través de un tratamiento de intervención multidisciplinar para obesidad en niños y adolescentes diferenciando el género^{13,14}. El estudio de Coppen et al.¹⁴ fue conducido a partir de una intervención dietética, basada en un bajo consumo de grasa y carbohidratos y un consumo moderado de proteínas. En relación a la actividad física, los sujetos fueron animados a dar 10.000 pasos por día. El programa de intervención tuvo una duración de 10 semanas. En el estudio de Caranti et al.¹³, se evaluaron los efectos de intervención multidisciplinar en corto (seis meses) y largo plazo (un año), contando con profesionales de las áreas de medicina, educación física, nutrición y psicología, de manera semejante a nuestro programa; sin seguir el modelo de terapia cognitivo-conductual y sin presentar un GC, hecho considerado, según los propios autores, un punto débil del estudio. A partir de esto, ellos recomiendan estudios que hagan este tipo de análisis en la presencia de un GC.

Coppen et al.¹⁴ observaron una reducción de la prevalencia de SM tanto en el género masculino como en el género femenino después del periodo de intervención. Caranti et al.¹³ constataron, para la misma variable, una reducción de los valores en el género masculino de 35,1 % para 20,0 % en el periodo de seis meses, resultando que ese valor se redujo todavía más después de un año de intervención (13,3 %). En el género femenino la reducción observada fue de 19,5 % para un 10,8 % en el periodo de seis meses, llegando a 4,5 % después de un año. La mayor prevalencia de SM en el género masculino fue observada en el presente estudio, corroborando los resultados de estudios epidemiológicos que determinaran la prevalencia de SM de acuerdo con el género, independiente del estado nutricional (peso normal, sobrepeso, obeso)²⁴⁻²⁶.

Los niños y adolescentes del presente estudio pasan por un periodo de transición que comienza con la pubertad y provoca una serie de cambios antropométricos y metabólicos. Dichos cambios son medidos por parámetros hormonales que influyen, por ejemplo, la distribución de la grasa en niños y niñas. Las niñas tienden a presentar mayor depósito de grasa en regiones periféricas, como los senos, cadera y glúteos. Los niños, por otro lado, presentan, a partir de ese periodo, mayor concentración de grasa corporal y aumento de los valores de grasa subcutánea y visceral en la región abdominal^{13,27}. Esa característica de los niños puede ser el principal motivo para la mayor presencia de SM en ese género. Se sabe que la adolescencia es un periodo crítico para el desarrollo de SM²⁸. Además de eso, la obesidad central, caracterizada por una mayor acumulación de grasa en la región abdominal, parece ser el principal factor de riesgo de SM²⁹. El tejido adiposo visceral se caracteriza por ser más lipolítico, lo que produce una mayor cantidad de ácidos grasos libres (AGL) en la circulación. Ese puede ser un factor de riesgo para la salud, teniendo en cuenta que esa gran cantidad de AGL en la circulación puede perjudicar el funcionamiento del sistema hepático, vascular, muscular, además de comprometer el funcionamiento de las células β , pudiendo ser un factor determinante en el desarrollo de diabetes tipo 2²⁴.

Las reducciones observadas en el IMC, CC, IC-C, masa grasa relativa y absoluta en las niñas del GI y que no fueron observadas en el género masculino dentro del mismo grupo son contrarias a lo verificado por

Caranti et al.¹³, donde los niños presentaron cambios para la mayoría de esos parámetros que no fueron notados en el género femenino. En el estudio de Coppen et al.¹⁴, la variación absoluta del IMC y CC fue semejante para los dos géneros. Estos cambios antropométricos en el género femenino pueden haber influenciado en el aumento de la sensibilidad a la insulina representada por el QUICKI y la reducción de la prevalencia de valores iguales o superiores a 2,0 para HOMA-IR, indicativo de resistencia a la insulina. Murphy et al.³⁰ demostraron que las niñas son más resistentes a la acción de la insulina desde la infancia (cinco años de edad). Esto refuerza la importancia de los resultados observados para el HOMA-IR y QUICKI en las niñas del GI.

Otro factor de riesgo para el SM que presentó reducción significativa para ambos géneros es la presión arterial, específicamente la PAD. A pesar de que los mecanismos que inducen a la reducción de la presión arterial en sujetos que redujeron la grasa corporal permanecieran desconocidos, según Mertes y Van Gaal³¹, esos resultados pueden estar ligados a la reducción del volumen de fluido extracelular, reducción del débito cardíaco, reducción de la actividad del sistema nervioso simpático, aumento a la sensibilidad de la insulina y normalización del sistema renina-angiotensina-aldosterona.

En relación al perfil lipídico, no fue observada ninguna diferencia en el GI, tanto en niños como en niñas. Caranti et al.¹³ verificaron apenas reducción en los valores de TG para los niños después de seis meses de intervención, sin presentar ninguna diferencia en esos parámetros del género femenino. Parente et al.³² tampoco verificaron una reducción de parámetros del perfil lipídico en niños obesos después de cinco meses de intervención. Cabe destacar que la media de variables del perfil lipídico en el inicio de la intervención se encontraba dentro de la normalidad¹⁶. Otro factor que puede estar vinculado a dichos resultados es la dieta de los niños y adolescentes que puede haber permanecido con altas tasas de grasa³². A pesar de no haber presentado reducción estadísticamente significativa, el PMTO fue capaz de controlar la presencia de dislipidemias tanto en niños como en niñas.

El aumento del VO_{2max} , parámetro que refleja la capacidad cardiorrespiratoria de los niños y adolescentes del GI en ambos géneros, refuerza la importancia del ejercicio físico en el proceso de tratamiento de la obesidad. El PMTO combina ejercicios localizados y aeróbicos que parecen tener un impacto todavía más positivo sobre el control de SM en niños y adolescentes obesos que aisladamente el ejercicio aerobio³³. Esa combinación parece ayudar en el aumento de la tasa metabólica basal y reducción de la grasa corporal a largo plazo^{34,35}.

En resumen, un PMTO de 16 semanas de duración fue capaz de contribuir al control de SM y dislipidemias en niños y adolescentes. Además de eso, los resultados parecen ser más llamativos en las niñas, teniendo impacto en el aumento de sensibilidad a insulina. Se sugiere la realización de estudios que puedan evaluar periodos mayores de intervención y que puedan acompañar a dichos niños y adolescentes hasta la etapa adulta.

Agradecimientos

Gracias a la Fundación Araucaria, que ayuda al desarrollo científico y tecnológico en el estado de Paraná, por apoyar financieramente esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Wang Y, Monteiro C, Popkin BM. Trends of obesity and underweight in older children and adolescents in the United States, Brazil, China, and Russia. *Am J Clin Nutr*. 2002;75(6):971-7.
2. Moreno LA, Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Mesana MI, Vicente-Rodríguez G, Rodríguez G, et al. Five year trends on total and abdominal adiposity in Spanish adolescents. *Nutr Hosp*. 2012;27(3):731-8.
3. Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, Flegal KM. Prevalence of obesity and trends in body mass index among US children and adolescents, 1999-2010. *JAMA*. 2012;307(5):483-90.
4. Manson JE, Skerrett PJ, Greenland P, Vanitallie TB. The escalating pandemics of obesity and sedentary lifestyle. A call to action for clinicians. *Arch Intern Med*. 2004;164:249-58.
5. NIH National Institute of Health. National heart, lung, and blood institute (NHLBI) obesity education initiative: Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. NIH Publication. 1998.
6. Opas-Who Organização Pan-Americana de Saúde. Doenças crônico-degenerativas e obesidade: estratégia mundial sobre alimentação saudável, atividade física e saúde. Organização Pan-Americana de Saúde: Brasília; 2003.
7. Zimmet P, Alberti KG, Kaufman F, Tajima N, Silink M; IDF Consensus Group, et al. The metabolic syndrome in children and adolescents - an IDF consensus report. *Pediatr Diabetes*. 2007;8(5):299-306.
8. Miller M, Stone NJ, Ballantyne C, Bittner V, Criqui MH, Ginsberg HN, et al. Triglycerides and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011;123(20): 2292-333.
9. Grulich-Henn J, Lichtenstein S, Hörster F, Hoffmann GF, Nawroth PP, Hermann A. Moderate weight reduction in an outpatient obesity intervention program significantly reduces insulin resistance and risk factors for cardiovascular disease in severely obese adolescents. *Int J Endocrinol*. 2011; 2011:1-6.
10. Moleres A, Rendo-Urteaga T, Zulet MA, Marcos A, Campoy C, Garagorri JM, et al. Obesity Susceptibility Loci on body mass index and weight loss in Spanish adolescents after a lifestyle intervention. *J Pediatr*. 2012;161:466-70.
11. Romeo J, Martínez-Gómez D, Díaz LE, Gómez-Martínez S, Martí A, Martín-Matillas M, et al. Changes in cardiometabolic risk factors, appetite-controlling hormones and cytokines after a treatment program in overweight adolescents: preliminary findings from the EVASYON study. *Pediatr Diabetes*. 2011;12 (4 Pt 2):372-80.
12. Cooper Z, Fairburn CG, Hawker DM. Cognitive-behavioral treatment of Obesity. New York: The Guildford Press; 2003.
13. Caranti DA, de Mello MT, Prado WL, Tock L, Siqueira KO, de Piano A, et al. Short- and long-term beneficial effects of a multidisciplinary therapy for the control of metabolic syndrome in obese adolescents. *Metabolism*. 2007;56(9):1293-300.
14. Coppen AM, Risser JA, Vash PD. Metabolic syndrome resolution in children and adolescents after 10 weeks of weight loss. *J Cardiometab Syndr*. 2008;3(4):205-10.
15. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-3.
16. Back GI, Caramelli B, Pellanda L, Duncan B, Mattos S, Fonseca FH. I diretriz brasileira para a prevenção da aterosclerose na infância e na adolescência. *Arq Bras Cardiol*. 2005; 85 (Suppl 6): 4-36.
17. Tanner JM. Normal growth and techniques of growth assessment. *Clin Endocrinol Metab*. 1986;15(3):411-51.
18. 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.
19. Leger LA, Lambert J. A maximal multistage 20m shuttle test to predict VO_{2max} . *Eur J Appl Physiol*. 1982;49:1-5.
20. Fernández JR, Redden DT, Pietrobelli A, Allison DB. Waist circumference percentiles in nationally representative samples of african-american, european-american, and mexican-american children and adolescents. *J Pediatr*. 2004;145(4):439-44.
21. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28:412-9.
22. Carnier J, Sanches P de L, da Silva PL, de Piano A, Tock L, Campos RM, et al. Obese adolescents with eating disorders: Analysis of metabolic and inflammatory states. *Physiology and Behavior*. 2012;105:175-80.
23. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale: Lawrence Erlbaum; 1988.
24. Cook S, Weitzman M, Auinger P, Nguyen M, Dietz WH. Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2003;157(8):821-7.
25. De Ferranti SD, Gauvreau K, Ludwig DS, Newfeld EJ, Newburger JW, Rifai N. Prevalence of the metabolic syndrome in American adolescents: findings from the third national health and nutrition examination survey. *Circulation*. 2004;110:2494-7.
26. Duncan GE, Li SM, Zhou XH. Prevalence and trends of a metabolic syndrome phenotype among U.S. adolescents, 1999-2000. *Diabetes Care*. 2004;27: 2438-43.
27. Malina RM, Bouchard C. Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação. 1ª ed. São Paulo: Roca; 2002.
28. Daniels SR, Arnett DK, Eckel RH, Gidding SS, Hayman LL, Kumanyika S, et al. Overweight in children and adolescents: pathophysiology, consequences, prevention, and treatment. *Circulation*. 2005;111(15):1999-2012.
29. Freedland ES. Role of a critical visceral adipose tissue threshold (CVATT) in metabolic syndrome: implications for controlling dietary carbohydrates: a review. *Nutr Metab*. 2004;1:12.
30. Murphy MJ, Metcalf BS, Voss LD, Jeffery AN, Kirkby J, Malla KM, et al. Girls at five are intrinsically more insulin resistant than boys: the programming hypothesis revisited - The Early Birth Study. *Pediatrics*. 2004;113: 82-6.
31. Mertens IL, Van Gaal LF. Overweight, obesity and blood pressure: the effects of modest weight reduction. *Obes Res*. 2000;8:270-8.
32. Parente EB, Guazzelli I, Ribeiro MM. Perfil lipídico em crianças obesas: efeitos de dieta hipercalórica e atividade física aeróbica. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2006;50(3):499-504.
33. De Mello MT, de Piano A, Carnier J, Sanches Pde L, Corrêa FA, Tock L, et al. Long-term effects of aerobic plus resistance training on the metabolic syndrome and adiponectinemia in obese adolescents. *J Clin Hypertens*. 2011;13(5):343-50.
34. Foschini D, Araújo RC, Bacurau, RFP. Treatment of Obese Adolescents: the influence of periodization models and ACE genotype. *Obesity*. 2010;18(4): 766-72.
35. Elloumi M, Ben Ounis O, Makni E, Van Praagh E, Tabka Z, Lac G. Effect of individualized weight-loss programmes on adiponectin, leptin and resistin levels in obese adolescent boys. *Acta Paediatr*. 2009;98:1487-93.



Original

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

Validade e reprodutibilidade de receptores para o GPS em relação à distância percorrida

A. Moreira^a, E.C. Costa^{b,c}, L. Lodo^{a,b}, C.G. Freitas^a, A.F.S. Arruda^a e M.S. Aoki^b

^aGrupo de Estudos e Pesquisa em Planejamento e Monitoramento do Treinamento Físico e Esportivo. Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.

^bGrupo de Pesquisa em Adaptações Biológicas ao Exercício Físico. Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.

^cGrupo de Pesquisa sobre Efeitos Agudos e Crônicos do Exercício. Departamento de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. Brasil.

Historia del artículo:

Recibido el 21 de diciembre de 2012

Aceptado el 23 de mayo de 2013

Palabras clave:

Entrenamiento deportivo.

Carga de entrenamiento.

Demandas físicas.

Key words:

Sports training.

Training load.

Physical demands.

Correspondência:

M. Saldanha Aoki.

Escola de Artes, Ciências e Humanidades.

Universidade de São Paulo.

Av. Arlindo Bettio, 1000.

São Paulo – SP

CEP 03828-000

E-mail: saldanha.caf@usp.br

RESUMEN

Validez y reproducibilidad de receptores GPS en relación de la distancia recorrida

Objetivo. El presente estudio evaluó la validez y reproducibilidad de dos modelos de receptores para el *Global Positioning System* (GPS). La validez fue evaluada comparando la distancia registrada por los receptores con la distancia conocida de estos trayectos.

Método. Seis jóvenes tenistas (177,6 ± 6,2 cm; 76,6 ± 3,2 kg) recorrieron tres trayectos: 1) 100 m en la pista de atletismo (número de “disparos” = 120); 2) 400 m en la pista de atletismo (número de “disparos” = 60) y 3) 100 m con cambios de dirección (número de “disparos” = 120), utilizando los equipos *Garmin® Forerunner 405* y *Polar® RS800*.

Resultados. En los trayectos sin cambios de dirección (100 y 400 m), a través de la ANOVA *two way* (distancia y velocidad) no se detectaron diferencias entre la distancia conocida y las distancias registradas por los receptores analizados ($p > 0,05$). En el trayecto de 100 m con cambios de dirección, se observaron diferencias entre la distancia conocida y las registradas tanto por el *Polar® RS800* como por el *Garmin® Forerunner 405* ($p < 0,05$). También se verificó la diferencia en las distancias registradas por el *Polar® RS800* y por el *Garmin® Forerunner 405* para el trayecto realizado con cambios de dirección ($p < 0,05$).

Conclusión. A través de los datos, se puede afirmar que los receptores para GPS evaluados presentaron un nivel aceptable de precisión para distancias recorridas sin cambios de dirección, sin embargo, la precisión de estos equipos en trayectos con cambios de dirección fue limitada.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Validity and reliability of GPS receivers in relation to the distance covered

Objective. The present study evaluated the reproducibility and validity of two models of receivers for the *Global Positioning System* (GPS). Validity was assessed by comparing the distance recorded by the GPS receivers with the known distance.

Method. Six young players (177.6 ± 6.2 cm; 76.6 ± 3.2 kg) performed three routes with different characteristics: 1) 100 m in the athletics track (number of “sprints” = 120); 2) 400 m in the athletics track (number of “sprints” = 60) and 3) 100 m with changes of direction (number of “sprints” = 120), using equipment *Garmin® Forerunner 405* and *Polar® RS800*.

Results. Regarding linear routes (100 and 400 m), no differences were detected using ANOVA two-way (distance and speed) between the known distance and distance recorded by GPS receivers analyzed ($p > 0.05$). Regarding non-linear route of, significant differences were observed between the known distance and recorded distance by the GPS receivers ($p < 0.05$). There was also a significant difference between the distance recorded by *Polar® RS800* and *Garmin® Forerunner 405* for the non-linear route ($p < 0.05$). Analysis of the limits of agreement reinforces the limitation of equipment in relation to accuracy for the non-linear route.

Conclusion. These data suggest that the GPS receivers evaluated showed acceptable level of accuracy for linear routes, however, the accuracy of such devices on non-linear routes was limited.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

INTRODUÇÃO

O alto nível de competitividade do esporte moderno tem, cada vez mais, despertado o interesse de técnicos, preparadores físicos e fisiologistas sobre o processo do treinamento esportivo. Mais especificamente, o estudo das demandas fisiológicas impostas aos atletas de alto rendimento, tanto durante o treinamento esportivo quanto nas competições, vem sendo alvo de diversos estudos. Essas informações são, extremamente, relevantes para o planejamento do treinamento, a fim de maximizar a especificidade e, conseqüentemente, induzir às adaptações desejáveis para o aumento do desempenho esportivo. Além disso, a análise das demandas físicas e fisiológicas do esporte também podem orientar procedimentos e estratégias de recuperação, atenuando o risco de lesões e minimizando a incidência de problemas relacionados à saúde dos atletas¹.

Nesse sentido, o avanço tecnológico vivenciado nas últimas décadas contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento de equipamentos que possibilitam a investigação das demandas associadas ao processo de preparação esportiva, otimizando o delineamento dos procedimentos de treinamento e recuperação.

O advento dos monitores portáteis de frequência cardíaca (FC) foi um passo importante para a prescrição e monitoramento do treinamento físico e esportivo. Mais recentemente, outro equipamento incorporado ao arsenal de técnicos, preparadores físicos e fisiologistas foi o receptor portátil para o *Global Positioning System* (GPS). Este equipamento é utilizado com o objetivo de acessar informações sobre o padrão de deslocamento realizado pelos atletas, tanto em atividade de *endurance* (maratona, triatlo, ciclismo)^{2,3}, como em modalidades acíclicas-intermitentes (rugby, hóquei, futebol)^{1,4,5}.

Atualmente, é possível encontrar receptores para o GPS e monitores de FC acoplados no mesmo equipamento, facilitando, desta forma, o monitoramento de parâmetros associados à carga externa de treinamento (ex. distância percorrida e velocidade de deslocamento) e à carga interna de treinamento (ex. FC) simultaneamente. O monitoramento destes parâmetros é fundamental para assegurar a carga ideal de treinamento a fim de promover as adaptações desejadas e, em última instância, maximizar o desempenho esportivo⁶⁻⁸.

Recentemente, os receptores portáteis para o GPS têm sido muito utilizados para avaliar a demanda física/fisiológica durante competições e treinamentos⁹. A validade desses equipamentos para mensurar a distância percorrida e a velocidade de deslocamento tem sido documentada em diferentes tipos de atividade^{5,9-12}. Entretanto, apesar da crescente popularidade dos receptores portáteis para o GPS, tanto no âmbito do treinamento de alto rendimento, quanto no condicionamento físico voltado para a saúde, não existem dados sobre a validade e a confiabilidade dos principais modelos disponíveis no mercado nacional. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a validade e a reprodutibilidade dos principais modelos de receptores para o GPS comercializados no mercado brasileiro, referente à distância percorrida de forma linear e não-linear em diferentes velocidades de deslocamento.

MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo seis jovens tenistas, com ranking nacional (19,0 ± 1,0; 177,6 ± 6,2 cm; 76,6 ± 3,2 kg; VO₂max = 50,1 ± 3,9 ml.kg⁻¹.min⁻¹). Os

atletas concordaram em participar do presente estudo, de forma voluntária, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. O procedimento experimental foi aprovado pela comissão de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (nº 15/2008).

Procedimentos

No presente estudo foram utilizados três percursos com características diferentes para validação e análise da reprodutibilidade dos equipamentos *Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800*, com receptores para GPS. Foram percorridos os percursos: 1) 100 metros rasos na pista de atletismo (número de “tiros” = 120); 2) 400 metros rasos na pista de atletismo (número de “tiros” = 60) e 3) 100 metros com mudanças de direção (número de “tiros” = 120) (fig. 1). Esses 3 percursos foram percorridos em dias diferentes, no mesmo local e horário, em condições climáticas semelhantes (sem nuvens). Os voluntários percorriam os diferentes percursos, com os dois receptores, em diferentes velocidades. O controle da velocidade foi realizado através do passo (tempo para percorrer determinada distância). A fim de auxiliar na determinação do passo, um cronômetro foi posicionado no final de cada percurso, permitindo a visualização do tempo.

As distâncias sem mudanças de direção foram realizadas em pista de atletismo oficial, sendo utilizadas as marcações da pista para a distância de 100 e 400 m. O percurso com mudanças de direção foi aferido, milimetricamente, utilizando-se trenas, previamente a realização da investigação. O delineamento do presente estudo foi baseado em estudo prévio de validação e reprodutibilidade de modelos de receptores para o GPS utilizados na Austrália, no qual dois indivíduos moderadamente treinados realizaram oito séries de seis voltas em percurso de 128,5 metros⁵. Vale ressaltar, que para atender ao objetivo proposto, é fundamental levar em consideração o número de eventos (“tiros”), em diferentes velocidades e situações (percurso linear e não linear).

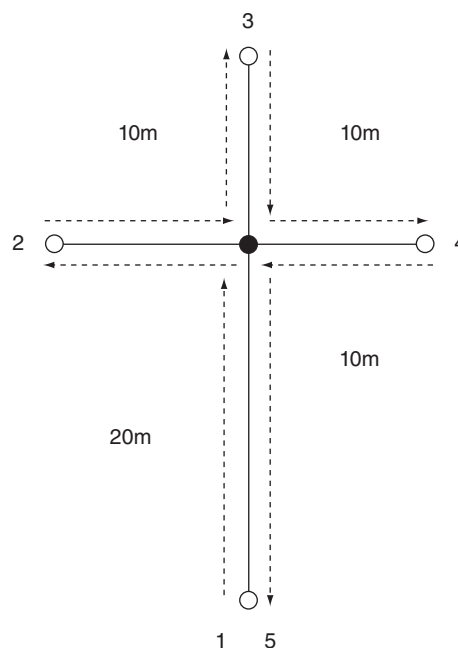


Fig. 1. Percurso de 100 metros rasos com mudanças de direção.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e a homoscedasticidade pelo teste de Levene. Seguiu-se a apresentação das medidas de tendência central e variabilidade dos dados (média e desvio-padrão). O coeficiente de variação (CV) foi analisado a fim de se verificar a reprodutibilidade dos escores. Em seguida, procedeu-se a análise de variância (ANOVA-two-way; equipamentos vs. velocidade) a fim de comparar os resultados (distância percorrida) dos dois equipamentos com a distância conhecida (real), nas três velocidades de deslocamento utilizadas no estudo (5 km/h, 10 km/h e 15 km/h), tanto para os tiros de 100 m (sem mudança de direção e com mudança de direção), quanto para os tiros de 400 m sem mudança de direção. O nível de significância adotado foi de 5% ($p \leq 0,05$). O limite de concordância entre os valores reais (distância conhecida) e os valores registrados por cada um dos instrumentos nas distâncias de 100m (com e sem mudança de direção) foi investigado através dos procedimentos propostos por Bland e Altman¹³.

RESULTADOS

Na tabela 1 encontram-se os resultados obtidos pelos receptores *Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800* no que se refere ao monitoramento da distância percorrida em 100 metros sem mudanças de direção, em baixa e moderada velocidade de deslocamento (5 e 10 km/h, respectivamente). Os resultados da ANOVA apontam que não houve diferença entre a distância real e a obtida pelos modelos de receptores para o GPS analisados, assim como também não houve diferença inter-modelos, independente da velocidade de deslocamento ($p > 0,05$).

Na tabela 2 estão expressos os resultados obtidos em relação ao percurso de 100 metros com mudanças de direção (fig. 1). Nesse sentido, foram detectadas diferenças significantes entre a distância real e a obtida pelo receptor *Polar® RS800*, tanto em baixa quanto em moderada velocidade de deslocamento. Para o receptor *Garmin® Forerunner 405*, foi

Tabela 1
Distâncias registradas (m) pelos receptores para o GPS (*Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800*), referentes aos tiros de 100 metros (n = 120), percorridos sem mudanças de direção na pista de atletismo, em diferentes velocidades

| | Garmin | | Polar | |
|-------|---------|---------|------------------|-------------------|
| | n = 120 | n = 120 | 5 km/h n = 60 | 10 km/h n = 60 |
| Média | 100,4 | 99,1 | 100,7 | 100,2 |
| DP | 9,1 | 14,4 | 7,3 | 10,6 |
| CV | 9,1 % | 14,6 % | 7,3 % | 10,6 % |

CV: coeficiente de variação; DP: desvio padrão; n: número de tiros.

Tabela 2
Distâncias registradas (m) pelos receptores para o GPS (*Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800*), referentes aos tiros de 100 metros (n = 120), percorridos com mudanças de direção, em diferentes velocidades

| | Garmin | | Polar | |
|-------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| | n = 120 | n = 120 | 5 km/h n = 60 | 10 km/h n = 60 |
| Média | 103,5 ^a | 76,5 ^{a,b} | 107,3 ^a | 99,8 |
| DP | 9,3 | 14,7 | 8,9 | 8,3 |
| CV | 9,0 % | 19,2 % | 8,3 % | 8,3 % |

^a: diferença significativa em relação à distância real; ^b: diferença em relação ao modelo *Garmin® Forerunner 405*; ^c: diferença entre 5 e 10 km/h para o modelo *Polar® RS800*; CV: coeficiente de variação; DP: desvio padrão; n: número de tiros.

detectada diferença significativa entre a distância real e registrada pelo receptor somente para a velocidade de 5 km/h. Também foi observada diferença significativa na distância registrada entre os receptores (*Garmin® Forerunner 405* vs. *Polar® RS800*) ($p < 0,05$). Vale ressaltar que para o receptor *Polar® RS800*, a diferença entre a distância real e a distância aferida, foi maior do que a observada para o *Garmin® Forerunner 405*.

Na tabela 3 estão expostos os dados referentes ao monitoramento da distância de 400 metros, sem mudanças de direção, determinados pelos modelos de receptores supracitados nas velocidades de 5, 10 e 15 km/h (baixa, moderada e alta velocidade de deslocamento, respectivamente). Os resultados apontam que não houve diferença significativa entre a distância real e a obtida pelos equipamentos analisados, assim como também não houve diferença inter-modelos (*Garmin® Forerunner 405* vs. *Polar® RS800*), independente da velocidade de deslocamento ($p > 0,05$).

Nas tabelas 4 e 5, são apresentados os resultados para os limites de concordância, comparando os valores reais (conhecidos) com os verificados através dos equipamentos testados (*Garmin® Forerunner 405* vs. *Polar® RS800*) para os percursos de 100 m, tanto linear (sem mudanças de direção) quanto o não linear (com mudanças de direção). Diferenças médias de 0,4 e - 0,9m para o *Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800*, respectivamente, reforçam a precisão e confiabilidade dos equipamentos para o monitoramento de deslocamentos lineares, conforme observado na tabela 4. No que diz respeito aos resultados na condição não linear (com mudanças de direção), é possível observar na tabela 5 a maior confiabilidade para o *Garmin® Forerunner 405*. Diferenças para os intervalos de confiança de - 21,9 e 14,8 metros são verificadas para o modelo *Garmin® Forerunner 405*, enquanto que para o modelo *Polar® RS800*, os

Tabela 3
Distâncias registradas (m) pelos receptores para o GPS (*Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800*), referentes aos tiros de 400 metros (n = 60), percorridos sem mudanças de direção na pista de atletismo, em diferentes velocidades

| | Garmin (m) | | | Polar (m) | | | | |
|-------|------------|------------------|-------------------|-------------------|--------|------------------|-------------------|-------------------|
| | n = 60 | 5 km/h n = 20 | 10 km/h n = 20 | 15 km/h n = 20 | n = 60 | 5 km/h n = 20 | 10 km/h n = 20 | 15 km/h n = 20 |
| Média | 407,5 | 405,2 | 408,8 | 410,0 | 405,0 | 404,4 | 404,8 | 407,0 |
| DP | 8,4 | 8,2 | 8,3 | 8,2 | 13,2 | 13,6 | 14,2 | 10,6 |
| CV | 2,0 % | 2,0 % | 2,0 % | 2,0 % | 3,3 % | 3,3 % | 3,5 % | 2,6 % |

CV: coeficiente de variação; DP: desvio padrão; n: número de tiros.

Tabela 4
Limites de concordância entre o valor real (conhecido) e o valor registrado pelos equipamentos *Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800* para os tiros de 100 m, sem mudanças de direção. (média e intervalos de confiança das diferenças)

| | Garmin (m) | Polar (m) |
|---------|------------|-----------|
| Média | 0,4 | -0,9 |
| LI 95 % | -18,3 | -27,4 |
| LS 95 % | 17,4 | 29,2 |

LI 95 %: intervalo de confiança, limite inferior; LS 95 %: intervalo de confiança, limite superior (IC 95 %).

Tabela 5
Limites de concordância entre o valor real (conhecido) e o valor observado através dos equipamentos *Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800* para os tiros de 100 m, com mudanças de direção. (média e intervalos de confiança das diferenças)

| | Garmin (m) | Polar (m) |
|---------|------------|-----------|
| Média | -3,5 | 28,6 |
| LI 95 % | -21,9 | -5,3 |
| LS 95 % | 14,8 | 52,2 |

LI 95 %: Intervalo de confiança, limite inferior; LS 95 %: intervalo de confiança, limite superior (IC 95 %).

limites de confiança foram delimitados pelos valores de -5,3 e 52,2 metros, sugerindo que para esta condição, o modelo *Garmin® Forerunner 405* apresenta maior confiabilidade (tabela 5).

DISCUSSÃO

O Sistema de Posicionamento Global é muito conhecido pelo acrônimo GPS, originado do inglês *Global Positioning System*. Este sistema é composto por satélites que fornecem a localização geográfica, via ondas de rádio, a um aparelho receptor móvel. O aperfeiçoamento dos receptores móveis para o GPS tornou estes equipamentos cada vez mais portáteis. Este avanço tecnológico facilitou a sua utilização no âmbito esportivo, no qual os mesmos são utilizados para quantificar a distância percorrida e a velocidade de deslocamento em diversos tipos de atividade. Este monitoramento da distância percorrida é um parâmetro bastante utilizado como indicador da carga externa de treinamento realizada^{6,8}.

Dada a importância do monitoramento preciso da distância percorrida para o treinamento esportivo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a validade e reprodutibilidade dos dois modelos de receptores para o GPS amplamente comercializados, levando em consideração à distância percorrida em diferentes velocidades de deslocamento e em trajetos distintos (linear e não linear).

De acordo com as análises realizadas, os principais achados do presente estudo foram: a) nos percursos lineares de 100 e 400 metros, tanto o receptor *Garmin® Forerunner 405* quanto o receptor *Polar® RS800* mostraram nível aceitável de acurácia; b) no percurso não linear de 100 metros, o modelo *Garmin® Forerunner 405* mostrou maior precisão (menor amplitude entre os limites de concordância e menor diferença média para o valor conhecido); c) nos dois modelos de receptores para o GPS avaliados, os coeficientes de variação (CV) foram menores para a distância de 400 metros (2,0 - 3,5 %) e maiores para a distância de 100 metros (7,3 - 19,2 %), tanto no percurso linear quanto no não-linear, independente da velocidade de deslocamento.

O CV é uma medida relativa de dispersão, sendo útil para a comparação em termos relativos do grau de concentração em torno da média. Logo, a determinação do CV facilita a realização de comparações entre as medidas, pois quanto menor seu valor, melhor o nível de reprodutibilidade da medida¹⁴. O fato de ambos os modelos de receptores para o GPS analisados terem apresentado valores mais altos de CV para a distância de 100 metros (com e sem mudanças de direção) indica que tanto o *Garmin® Forerunner 405* quanto o *Polar® RS800* são mais fidedignos para a distância de 400 metros.

Alguns estudos prévios avaliaram a precisão de outros receptores disponíveis no mercado internacional, analisando, inclusive, diferentes distâncias e velocidades de deslocamento. Recentemente, Coutts e Duffield⁵ investigaram a precisão de três receptores (SPI-10, SPI Elite e WiSPI - GPSports, Canberra, Austrália) em deslocamentos intermitentes não-lineares de alta intensidade. De forma similar ao presente estudo, os pesquisadores utilizaram reduzido número de sujeitos na investigação para realizar a atividade proposta, porém, no estudo de Coutts e Duffield⁵ utilizaram somente uma distância conhecida (128,5 metros, aferida com fita métrica), modificando a intensidade/velocidade do exercício. Ao analisar a fidedignidade dos receptores supracitados, Coutts e Duffield⁵ verificaram boa confiabilidade no que se refere à distância percorrida em uma volta no circuito de 128,5m (CV < 5 %). Com relação à análise da distância total percorrida (seis voltas no circuito de 128,5 m) e ao pico de velocidade atingido, a confiabilidade dos receptores para o

GPS testados foi considerada como “moderada e boa” (CV = 3,6 - 7,5 % para distância total percorrida; CV = 2,3 - 3,8 % para o pico de velocidade atingido). Entretanto, no que se refere à avaliação da distância percorrida em alta intensidade (> 14,4 km/h) e em “muito alta intensidade” (> 20 km/h) os três modelos analisados apresentaram alta variabilidade (CV = 11,2 - 32,4 % para deslocamento > 14,4 km/h; CV = 11,5 - 30,4 % para deslocamento > 20 km/h). Esses resultados sugerem que o aumento da velocidade de deslocamento afeta fidedignidade da medida dos receptores avaliados.

Os receptores para o GPS também já foram utilizados para avaliar a capacidade de *sprints* repetidos. Alguns estudos apontam que a análise de dados obtidos pelos equipamentos de GPS é limitada para distâncias curtas (< 30 m)^{4,15,16}. Tal fato ocorre porque muitos modelos captam amostras segundo a segundo, reduzindo, dessa forma, a sensibilidade da medida nesse tipo de atividade. Esse fato pode explicar os altos CV encontrados por Coutts e Duffield⁵ no que se refere à análise de distâncias percorridas em altas velocidades de deslocamento, pois as mesmas foram analisadas nas partes curtas do circuito (10, 20 e 35 m).

Do ponto de vista prático, o uso dos receptores para o GPS com objetivo de monitoramento da carga externa em esportes intermitentes de alta intensidade com deslocamentos curtos, como o tênis, por exemplo, apresenta limitações. Já em atividades de *endurance*, como a maratona e o triatlo, a utilização dos equipamentos de GPS é uma forma válida para monitorar parâmetros relacionados à carga externa (distância percorrida e velocidade de deslocamento), inclusive durante competições oficiais^{2,3}.

No presente estudo, a análise dos resultados dos limites de concordância adiciona informações importantes que corroboram com uma maior confiabilidade para o uso dos equipamentos em condições que não incluem rápidas mudanças de direção. O intervalo de confiança ($\pm 1,95$ DP) das diferenças entre a distância conhecida para os tiros de 100 m (real) e os obtidos a partir do equipamento *Garmin® Forerunner 405*, para a condição linear, foi delimitado pelos valores de -18,3 e 17,4 m, indicando que seria plausível assumir que em uma distância de 100 m poderia haver uma variação entre 81,7 e 117,4 m relativa ao erro de medida. Vale ressaltar que esse erro foi superior para o receptor *Polar® RS800* (72,6 a 129,2 m). Na condição não-linear, para ambos receptores, o intervalo de confiança entre a distância real e a distância aferida foi delimitado por uma amplitude maior em comparação ao percurso percorrido de forma linear. As diferenças de -21,9 a 14,8 m, para o *Garmin® Forerunner 405*, e de -5,3 a 52,2 m, para o *Polar® RS800*, indicam a limitação dos equipamentos em relação à acurácia desses equipamentos para deslocamentos não-lineares. Esta consideração é ainda mais pertinente para os resultados do receptor da marca *Polar®*. A variação média inerente ao erro da medida de 23,5 m, verificada no presente estudo, corrobora as limitações do seu uso neste contexto.

O controle das cargas de treinamento (carga externa) é imprescindível para o sucesso do treinamento esportivo^{7,17-19}. Nesse sentido, a utilização de receptores para o GPS pode auxiliar na determinação da carga externa de treinamento imposta aos atletas. Entretanto, os receptores ainda apresentam algumas limitações. A avaliação de deslocamentos em alta velocidade em curtas distâncias com mudanças de direção ainda não é muito precisa. Os receptores também podem apresentar falhas na recepção do sinal em dias nublados ou chuvosos. Além disto, esses equipamentos só podem ser utilizados em ambientes *outdoors*.

Em conclusão, com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que os receptores para o GPS avaliados apresentaram bom nível de precisão para percursos realizados sem mudanças de direção, principal-

mente para a distância de 400 m. A análise em percursos com mudanças de direção indicou limitações para este tipo de finalidade no entanto, o receptor *Garmin® Forerunner 405* apresentou maior precisão neste tipo de percurso em relação ao receptor *Polar® RS800*.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro do CNPq (Processo 563967/2008-0). Também agradecemos o auxílio na elaboração do delineamento experimental fornecido pelo Dr. Aaron Coutts (University of Technology Sydney, Austrália).

Conflicto de intereses

Os autores declaram que não têm nenhum conflito de interesses.

RESUMO

Objetivo. O presente estudo avaliou a validade e reprodutibilidade de dois modelos de receptores para o Global Positioning System (GPS). A validade foi avaliada comparando a distância registrada pelos receptores com a distância conhecida destes percursos.

Método. Seis jovens tenistas ($177,6 \pm 6,2$ cm, $76,6 \pm 3,2$ kg) percorreram três percursos com características diferentes: 1) 100 m na pista de atletismo (número de "tiros" = 120); 2) 400 m na pista de atletismo (número de "tiros" = 60) e 3) 100 m com mudanças de direção (número de "tiros" = 120), utilizando os equipamentos *Garmin® Forerunner 405* e *Polar® RS800*.

Resultados. Nos percursos sem mudanças de direção (100 e 400 m), através da ANOVA two way (distância e velocidade) não foram detectadas diferenças entre a distância conhecida e as distâncias registradas pelos receptores analisados ($p > 0,05$). No percurso de 100 m com mudanças de direção, foram observadas diferenças entre a distância conhecida e as registradas tanto pelo *Polar® RS800* quanto pelo *Garmin® Forerunner 405* ($p < 0,05$). Também foi verificada diferença nas distâncias registradas pelo *Polar® RS800* e o pelo *Garmin® Forerunner 405* para o percurso realizado com mudanças de direção ($p < 0,05$).

Conclusão. Através dos dados, é possível afirmar que os receptores para o GPS avaliados apresentaram nível aceitável de precisão para distâncias percorridas sem mudanças de direção, no entanto, a precisão destes equipamentos em percursos com mudanças de direção foi limitada.

Palavras-chave:

Treinamento esportivo.
Carga de treinamento.
Demandas físicas.

Referências

- Macleod H, Bussell C, Sunderland C. Time-motion analysis of elite women's field hockey, with particular reference to maximum intensity movement patterns. *Int J Perform Analysis Sport*. 2007;7:1-12.
- Vleck VE, Bentley DJ, Millet GP, Bürgi A. Pacing during an elite Olympic distance triathlon: comparison between male and female competitors. *J Sci Med Sport*. 2008;11:424-32.
- Vleck VE, Bürgi A, Bentley DJ. The consequences of swim, cycle, and run performance on overall result in elite olympic distance triathlon. *Int J Sports Med*. 2006;27:43-8.
- Barbero-Álvarez JC, Coutts A, Granda J, Barbero-Álvarez V, Castagna C. The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport*. 2010;13:232-5.
- Coutts AJ, Duffield R. Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*. 2010;13:133-5.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci*. 2005;23:583-92.
- Borresen J, Lambert MI. Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008;3:16-30.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sport Exer*. 2004;36:1042-7.
- Edgecomb SJ, Norton KI. Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *J Sci Med Sport*. 2006;9:25-32.
- Townshend AD, Worringham CJ, Stewart IB. Assessment of speed and position during human locomotion using nondifferential GPS. *Med Sci Sport Exer*. 2008;40:124-32.
- Larsson P, Henriksson-Larsen K. The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering. *Med Sci Sport Exer*. 2001;33:1919-24.
- Schutz Y, Herren R. Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. *Med Sci Sport Exer*. 2000;32:642-6.
- Bland JM, Altman DJ. Regression analysis. *Lancet*. 1986;1:908-9.
- Pereira MG. Epidemiologia: teoria e prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.
- Spencer M, Fitzsimons M, Dawson B, Bishop D, Goodman C. Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *J Sci Med Sport*. 2006;9:181-4.
- Oliver JL, Williams CA, Armstrong N. Reliability of a field and laboratory test of repeated sprint ability. *Pediatr Exerc Sci*. 2006;18:339-50.
- Smith DJ. A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Med*. 2003;33:1103-26.
- Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*. 2001;15:109-15.
- Foster C, Heimann KM, Esten PL, Brice G, Porcari JP. Differences in perceptions of training by coaches and athletes. *S Afr J Sports Med*. 2001;8:3-7.



Revisión

Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar

R. Gómez-Campos^{a,b}, M. de Arruda^a, E. Hobold^a, C. P. Abella^c, C. Camargo^a, C. Martínez Salazar^b
y M. A. Cossio-Bolaños^d

^aUniversidad Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas. Brasil.

^bDepartamento de Educación Física, Deportes y Recreación. Facultad de Educación, Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad de La Frontera. Temuco. Chile.

^cFacultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Católica de Valencia. Valencia. España.

^dDepartamento de Ciencias de la Actividad Física y Departamento de Educación Especial. Universidad Católica del Maule. Talca. Chile.

Historia del artículo:

Recibido el 28 de septiembre de 2012

Aceptado el 12 junio de 2013

Palabras clave:

Adolescencia.

Pubertad.

Maduración sexual.

Key words:

Adolescence.

Puberty.

Sexual maturation.

RESUMEN

Los indicadores de la valoración de la maduración biológica son ampliamente utilizados en diversas áreas. Proporcionan información relevante que permite determinar el ritmo o tiempo de maduración individual. El uso y la aplicación varía entre las técnicas, sin embargo, todos tienen un objetivo común, la clasificación de los niños y adolescentes en estadios de maduración. En este sentido, el objetivo de la presente revisión fue describir los indicadores de maduración biológica e indagar los posibles usos y aplicaciones dentro del ámbito escolar. Se concluye que a) la mayoría de los estudios coinciden en especificar que la maduración esquelética o edad ósea es el indicador más útil, aunque la predicción del pico de velocidad de crecimiento propuesta por Mirwald et al. (2002) es un indicador que permite valorar a poblaciones escolares de forma transversal y b) la valoración de la maduración, independientemente del tipo de metodología puede ser aplicada en el área clínica, la escuela, en el deporte y en la calidad de vida, como un medio de clasificación de grupos de trabajo para homogeneizar a los niños y adolescentes en circunstancias deportivas y no deportivas.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Assessment of biological maturation: Uses and applications in schools

The indicators for the assessment of biological maturation are widely used in various fields. Provide relevant information for determining the rate or time of individual maturation. The use and application varies between techniques, however, all have a common goal, the classification of children and adolescents in maturation stages. In this sense, the objective of this review was to describe indicators of biological maturation and investigate the possible uses and applications within the school. We conclude that a) most studies agree that specify skeletal maturity or bone age is the most useful indicator, although predicting the peak growth rate given by Mirwald et al. (2002) is an indicator for assessing school populations transversely, and b) the assessment of maturation, regardless of the methodology can be applied in the clinic, school, sports and quality of life as a means of classifying groups working to unify children and adolescents in circumstances competition and non-sports.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

R. Gómez-Campos

Correo electrónico: rossanagomez_c@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La pubertad es un periodo de maduración biológica marcado por el surgimiento de las características sexuales secundarias, estirón de crecimiento y modificaciones en la composición corporal¹. Es en esta fase de desarrollo, similar a la del periodo fetal, hay crecimiento en altura y los cambios en la composición corporal son intensos y rápidos. De hecho, la cronología en intensidad y duración a lo largo de la pubertad son específicos para cada adolescente y pueden variar considerablemente entre ellos², por esta causa, la variabilidad entre los jóvenes de una misma edad cronológica muestra diferencias en estatura, peso, fuerza, velocidad y resistencia^{3,4}, surgiendo la necesidad de clasificar a los niños y adolescentes en función de la maduración biológica⁵.

Básicamente se consideran cuatro indicadores de maduración biológica (dental, sexual, somática y esquelética), a través de los cuales es posible su valoración buscando su aplicabilidad en el ámbito escolar. La literatura muestra varias metodologías disponibles que permiten evaluar la maduración biológica, sin embargo, la búsqueda de metodologías simples, prácticas y no invasivas para valorar la maduración biológica siempre fue una constante a lo largo de los años. En ese sentido, Malina y Bouchard⁴ señalan que los indicadores más usados para valorar la maduración biológica son a partir de los caracteres sexuales secundarios, la edad esquelética y el pico de velocidad de crecimiento (PVC), considerando, que a manera de consenso, varios estudios sugieren que la edad esquelética se constituye como el indicador de madurez más útil para caracterizar ritmos o "tiempos" de maduración durante el crecimiento⁶⁻⁸, así como también la propuesta de Mirwald et al.⁷ basada en medidas antropométricas simples, constituye una gran posibilidad para predecir el PVC de niños y adolescentes de forma transversal en un solo momento.

En este contexto, basados en la revisión bibliográfica se plantean los siguientes interrogantes: ¿qué indicadores de maduración biológica podrían ser considerados en el ámbito escolar y deportivo? y ¿qué usos y aplicaciones podrían darse, si se pudiera determinar el nivel de maduración biológica en niños y adolescentes? Por esta razón, debido al creciente interés por conocer el proceso de maduración biológica, el objetivo del presente artículo ha sido la realización de una revisión bibliográfica que permita describir los indicadores de maduración biológica e indagar sobre los posibles usos y aplicaciones dentro del ámbito escolar y deportivo. Para ello, como estrategia de búsqueda bibliográfica efectuada del 15 de octubre del 2011 al 15 de enero del 2012, se han localizado artículos en las bases de datos informatizadas *on line* más importantes en los ámbitos de las áreas de la salud y la educación física, incluyendo: *PubMed*, *Med-Line*, *Scopus*, *Scielo*, *Lilacs*, *Sport-Discus*, publicados posteriormente a 1995 y utilizando como palabras clave: adolescencia, maduración sexual, escolares, pubertad, métodos e indicadores. Se consideró como criterios de *inclusión*: a) estudios de revisión; b) estudios descriptivos y c) estudios de intervención), y de *exclusión*: a) estudios científicos publicados en forma de resumen y/o comunicaciones cortas; b) redactados en idioma distinto al inglés, español o portugués.

ASPECTOS CONCEPTUALES

La palabra maduración deriva del vocablo latino "*maturatio*" que significa "aceleración" y clásicamente es definida como el conjunto de fenómenos de crecimiento y de diferenciación celular que contribuyen a la aparición de determinadas funciones en el organismo⁹. La maduración

supone cambios programados a nivel genético, que se presentan con el tiempo de forma natural¹⁰, donde cada individuo nace con su propio reloj biológico que regula su progresión hacia el estado de madurez⁴.

Es importante considerar algunos términos como la edad cronológica, que Gallahue¹¹ define como la edad determinada por la diferencia entre un día indicado y el día del nacimiento de un individuo, que al presentarse en forma de fracción centesimal podría evitar errores metodológicos, sobre todo cuando se utiliza en investigaciones científicas. Por otro lado, la edad biológica se refiere según Lopes-Machado y Barbanti¹² a la edad de un individuo definida por los procesos de maduración y por influencias exógenas, siendo posible encontrar diferentes edades biológicas entre individuos de la misma edad cronológica.

En este sentido, el concepto de maduración relaciona la edad biológica de un individuo con su edad cronológica, puesto que para niños de la misma edad y el mismo sexo, la variación en edad biológica es muy grande, esto en razón a las diferencias individuales en el ritmo de desarrollo¹³, por lo que durante este proceso los niños y adolescentes pueden presentar maduración precoz, normal y/o tardía.

Una característica importante de la maduración indica que el desarrollo siempre ocurre en secuencias fijas¹³, donde todos los/as niños/as denominados normales pasan por las mismas secuencias de desarrollo y en el mismo orden¹⁴. De hecho, la maduración biológica es un proceso de importantes cambios fisiológicos que se manifiestan de forma más intensa durante la adolescencia y el tiempo de su aparición depende del sexo y la etapa de maduración¹⁵.

En suma podemos definir la maduración como un proceso gradual en el tiempo, en el que se presentan sucesivas modificaciones cualitativas en la organización anatómica y fisiológica, a través del cual se desencadena una gran movilización hormonal durante la pubertad hasta alcanzar el estado de madurez adulto. En este sentido, se destaca una gran cantidad de cambios biológicos que ocurren durante la pubertad, como la maduración sexual, aumento de la estatura y peso, así como la finalización del crecimiento esquelético que va acompañado por un marcado aumento de la masa ósea, cambios en la composición corporal¹⁶ e incrementos en el rendimiento físico¹⁷. De esa forma representa el puente evolutivo entre la segunda infancia y la edad adulta en la que se conjugan aspectos: biológicos, psicológicos, sociales y culturales. Por lo tanto, puede definirse por las conductas de los adolescentes referentes a la búsqueda de sensaciones, independencia, o la necesidad de explorar y de vivir nuevas experiencias, que posibiliten la adquisición de las habilidades necesarias para madurar y llegar a convertirse en personas adultas¹⁸.

Finalmente, es necesario destacar que el PVC, como un indicador somático de la maduración en la adolescencia⁴, indica la edad de máximo crecimiento durante la etapa del estirón del adolescente.

Importancia de la valoración de la madurez

La evaluación de la maduración biológica es importante cuando existe el objetivo de verificar la velocidad de maduración, que puede ser precoz, normal o tardía¹⁹. Se destaca la importancia de su valoración en diferentes áreas como: salud, pediatría, deporte e investigación.

Dentro del área de la salud, el Comité de Expertos de la Organización Mundial de la Salud especifica que el estado de madurez debe ser tomado en cuenta para relacionarlo con la salud y con el uso e interpretación de la antropometría basada en la edad cronológica²⁰, surgiendo la necesidad imprescindible de evaluar la maduración biológica durante la fase del crecimiento y desarrollo de niños y adolescentes, independientemente

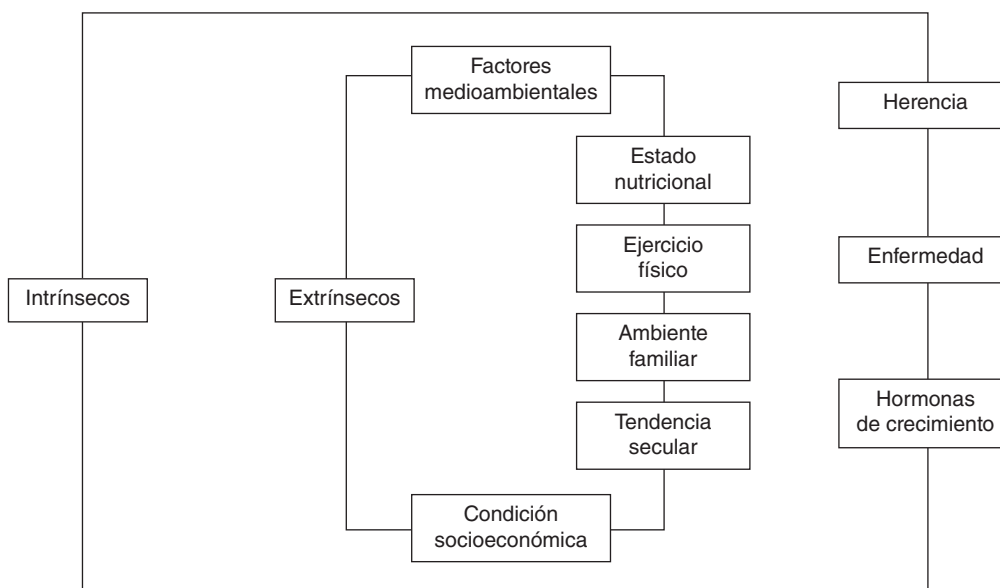


Fig. 1. Factores que influyen en la maduración biológica.

mente del método a utilizar, puesto que existe variabilidad en el crecimiento somático y biológico entre individuos de la misma edad cronológica, que se acentúa por el crecimiento en la etapa de la adolescencia²¹⁻²³.

En el área pediátrica en particular, permite la interpretación clínica de las enfermedades endocrinas, el estado del crecimiento²⁴ y la calidad de vida²⁵. En el ambiente deportivo, su valoración es esencial desde una perspectiva de la investigación y clasificación de los deportes juveniles⁷, ya que la edad cronológica es de limitada utilidad en la evaluación del crecimiento y la maduración²⁶, tanto para adolescentes deportistas como no deportistas. Varios son los casos que se encuentran en adolescentes con diferentes estadios de maduración dentro de un mismo grupo de entrenamiento o categoría competitiva, situación que puede favorecer a los más precoces en el proceso de desarrollo biológico, y puede desmotivar a otros más tardíos, con posibilidades de ser excelentes atletas en el futuro²⁷.

Factores que influyen en la maduración

El cuerpo humano es un complejo sistema de células, la mayoría de las cuales se agrupan en sistemas de órganos que tienen funciones especializadas y que pueden experimentar una serie de cambios a lo largo del crecimiento y desarrollo. En este sentido, clásicamente Gesell²⁸ considera que el desarrollo está influenciado por dos factores principales: el medio ambiente y el aspecto biológico (herencia). Sin embargo, aunque existe una relación recíproca entre herencia y ambiente, el desarrollo está determinado fundamentalmente por factores biológicos o genéticos. Este proceso se conoce como maduración. La maduración, entonces, está dirigida o gobernada por factores intrínsecos o innatos¹⁴ y por factores extrínsecos o ambientales que estimulan, modifican y contribuyen al proceso de desarrollo, pero no lo generan como señala Gesell²⁸. La figura 1 muestra los diversos factores que influyen en la maduración biológica.

Pues bien, el crecimiento somático y la maduración son influenciados por varios factores que actúan de forma independiente o en conjunto para modificar el potencial genético del crecimiento de un individuo²⁹. Esta interacción entre genética y medio ambiente es compleja y no aditiva.

Dentro de los factores intrínsecos, a nivel hormonal surge una transformación de las gónadas de un estado infantil a uno adulto³⁰ y como consecuencia una mayor segregación hormonal. Así también el factor genético, según Malina³¹, tiene una gran participación en la determinación de las potencialidades máximas para la estatura, distribución de la masa corporal, longitud de los miembros, estructura ósea y aspecto facial, características que pueden verse afectadas y no alcanzar su máxima potencialidad debido a la presencia de enfermedades.

Por otro lado, para explicar el efecto de los factores ambientales sobre el potencial genético, se puede observar que los habitantes de países industrializados y algunas naciones en desarrollo con mejor nivel socioeconómico alcanzan la talla adulta a una edad más temprana³² y muestran una maduración sexual más temprana que las precedentes, lo que significa que el fenómeno de maduración en la actualidad es mayor que en las anteriores generaciones, esto explica el efecto de la tendencia secular.

Así, todas estas condiciones de vida, relacionadas con el nivel socioeconómico, la higiene, la alimentación inadecuada o insuficiente, estado nutricional, oportunidades para el desarrollo de actividades físicas y la tendencia secular podrían determinar la presencia de una temprana, normal o tardía maduración.

Predicción de la estatura adulta

Aunque el control genético del ritmo de crecimiento parece ser independiente de la forma y tamaño del cuerpo, los cambios inducidos por el medio ambiente en el tiempo no parecen alterar significativamente la estatura del adulto³³. En consecuencia, el potencial genético está determinado por la adquisición de una estatura que represente el 100% de su capacidad de crecimiento y cuando existe disminución del material genético, exceso o expresión anormal del mismo, la estatura será en general menor a la esperada del promedio de los padres y se manifestará desde la vida intrauterina.

Su valoración puede efectuarse a través de los valores expresados en porcentaje que se alcanza a determinada edad. Bayley³⁴ elaboró un cuadro que permite pronosticar con cierta seguridad la futura estatura de un individuo a partir de las mediciones individuales tomadas durante la

Tabla 1
Porcentaje de la estatura de madurez alcanzada a diferentes edades, según Bayle (1954)

| Edad cronológica (años) | Porcentaje de estatura | |
|-------------------------|------------------------|---------|
| | Hombres | Mujeres |
| 1 | 42,2 | 44,7 |
| 2 | 49,5 | 52,8 |
| 3 | 53,8 | 57,0 |
| 4 | 58,0 | 61,8 |
| 5 | 61,8 | 66,2 |
| 6 | 65,2 | 70,3 |
| 7 | 69,0 | 74,0 |
| 8 | 72,0 | 77,5 |
| 9 | 75,0 | 80,7 |
| 10 | 78,0 | 84,4 |
| 11 | 81,1 | 88,4 |
| 12 | 84,2 | 92,9 |
| 13 | 87,3 | 96,5 |
| 14 | 91,5 | 98,3 |
| 15 | 96,1 | 99,1 |
| 16 | 98,3 | 99,6 |
| 17 | 99,3 | 100,0 |
| 18 | 99,8 | 100,0 |

niñez (tabla 1). Algunos estudios en gemelos sugieren que la estatura es un continuo rasgo complejo en el que sugieren que el 80-90% es heredable^{35,36}. La previsión de la estatura definitiva prevista (EDP) se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$EDP = (Estatura \cdot 100) / (\% Estatura)$$

Por otro lado, la correlación entre la estatura media de los padres y la estatura del hijo (expresada en centímetros) es de 0,75 - 0,78 y expresada en desviaciones estándar la DE es de 0,55 - 0,60³⁷ entre los 2 y 9 años. Existen tablas de correlación entre la estatura media de los padres (estatura materna + estatura paterna / 2) (EMP) y la estatura del niño entre 2 y 9 años descritas por Tanner, Goldstein, Whitehouse³⁸. En este sentido, para calcular la estatura del hijo de una determinada pareja de esposos, asumiendo que el proceso de herencia fue normal y que los factores ambientales han influido de forma similar en ambas generaciones, el método más usado es el propuesto por Tanner:

Niños: $(Estatura\ padre + [Estatura\ madre + 13]) / 2 = EMP + 6,5\text{ cm} (\pm 10)$.

Niñas: $([Estatura\ padre - 13] + Estatura\ madre) / 2 = EMP - 6,5\text{ cm} (\pm 9)$.

Indicadores de maduración

La búsqueda de metodologías para evaluar la maduración biológica siempre fue una constante a lo largo de los años. Las primeras evaluaciones de maduración esquelética se remontan a principios del siglo XX⁶, posteriormente fue introducida la técnica descrita por Tanner³⁹, para evaluar las características sexuales secundarias, surgiendo como un método auxiliar para clasificar el desarrollo de la maduración⁴⁰. Ya en la actualidad existen otras metodologías que apuntan a la valoración de la edad ósea o esquelética en el que utilizan radiografías, ultrasonido, ecografía y hasta resonancia magnética⁴¹⁻⁴³.

La sucesión de los cambios biológicos, psicológicos y cognitivos que se inician en la pubertad¹⁶ producen una gran cantidad de desviaciones en la edad de aparición, tanto en la duración como en el ritmo de estos eventos dentro y entre los jóvenes. Esa variabilidad entre los jóvenes se explica cuando en una misma edad cronológica se observan diferencias en estatura, peso, fuerza, velocidad y resistencia⁴⁵, y en algunos casos,

entre los adolescentes nacidos en el mismo año puede existir una diferencia de edad biológica de hasta 5 años. Esto explica la necesidad de clasificar a los niños y adolescentes en función de la maduración biológica⁶, con la intención de disminuir las desventajas entre compañeros. De ahí que surge la búsqueda de las mejores posibilidades, que permitan seleccionar una adecuada metodología para valorar la maduración biológica, la cual depende de algunos factores como: la simplicidad, fiabilidad y bajo coste, no obstante, todas las metodologías que evalúan los mecanismos de la maduración presentan limitaciones⁴⁴.

Los indicadores más usados para valorar la maduración biológica son a partir de los caracteres sexuales secundarios, edad esquelética y PVC (Malina, Bouchard, Bar-Or²), (tabla 2). Cabe destacar que la edad dental es también considerada como otra técnica muy amplia y de limitada aplicación, a pesar de que su uso es relevante para los odontólogos en general, ortodoncistas y pediatras en relación a las decisiones terapéuticas⁴⁵.

Por lo tanto, la edad esquelética constituye el indicador de madurez biológica más útil para caracterizar ritmos o "tiempos" de maduración durante el crecimiento⁶⁻⁸, ya que otros indicadores tradicionalmente utilizados se limitan a ciertas etapas de la vida y muestran gran variabilidad en especial durante la pubertad. A continuación se describen de forma más detallada cada uno de los indicadores más comunes de valoración de la maduración biológica.

Maduración dental

La estimación de la edad dental es un método muy utilizado, no sólo en la atención médica y estomatológica, sino también en antropología física. Su eficiencia podría ser comparable con el crecimiento esquelético⁵⁴ y su determinación tiene un papel importante en la medicina forense, al permitir la identificación de cuerpos, las conexiones con crímenes y accidentes⁵⁵, así como también en la evaluación del crecimiento y desarrollo de niños sanos, en endocrinología pediátrica y en niños con diferentes enfermedades o síndromes⁵⁶.

La edad dental, al igual que la edad esquelética, actúa como un índice de maduración biológica y es determinada por dos métodos: estado de erupción dental y el estadio de gemación, donde se compara el estado de desarrollo radiológico de los diferentes dientes frente a una escala de maduración, de esta forma, no sólo se mide la última fase de desarrollo dental, sino todo el proceso de remineralización. La valoración se efectúa adjudicando a cada diente una puntuación según su estado de desarrollo, de esa forma, la suma de los diferentes puntos señala el valor de la madurez, que se puede convertir directamente en la edad ósea con ayuda de tablas convencionales, y cuanto menor es la suma de puntos, menor es la edad dental y viceversa⁵⁰.

Maduración sexual

La maduración sexual se da por cambios hormonales que se reflejan en todo el cuerpo²⁹. El sistema reproductivo se desarrolla y los caracteres sexuales secundarios se manifiestan⁵⁷. En ambos sexos se presenta la aparición del vello púbico y axilar. En los hombres cambia la voz y nace la barba, el 85% de los hombres pueden presentar un cambio de voz adulta en el pico de crecimiento, aunque este cambio se cuestiona porque puede ocurrir en cualquier momento del crecimiento puberal. Sin embargo, Hagg y Taranger⁵⁸ sugieren que se puede evaluar a partir de la menarquía y el cambio de voz.

La valoración de la maduración sexual, también conocida como escala de Tanner, se basa en la observación de las características sexuales secundarias de los adolescentes. Esta técnica propuesta por Tanner³⁹ permite clasificar durante el examen físico en una escala que varía el

Tabla 2
Indicadores de maduración

| Indicadores | Características | Ventajas | Limitaciones |
|-------------|---|---|--|
| Esquelético | Se evalúa mediante la estandarización de placas de rayos X (RX) que determinan la maduración del esqueleto ⁴⁶ | Es el mejor método para la valoración de la edad biológica ⁴⁶ Permite estudiar la madurez biológica desde la niñez hasta la edad de adulto joven | Requiere de equipo especializado, por lo que es costoso ^{7,47} Implica la exposición a radiación de RX ⁴⁸ Depende de la experiencia del observador |
| Sexual | Basada en el estudio del desarrollo de las características sexuales secundarias ⁴⁵ | Técnica no invasiva | Como indicador de madurez, limitan su utilización a la edad puberal ⁴⁸ Se realiza por observación visual, por intermedio del método de autopercepción, que puede generar una sobrestimación o superestimación de los estadios de maduración En una situación no clínica se considera no confortable para niños, adolescentes y padres ⁷ |
| Somático | Se evalúa a través de la determinación de la edad en la que sucede el pico de velocidad de crecimiento (PVC) ⁷ Indica la edad de máximo crecimiento durante el estirón del adolescente ⁷ Es usado en estudios longitudinales ⁴ y transversales | Puede ser valorada a través de técnicas no invasivas ¹² , como las técnicas antropométricas Es una herramienta simple, de práctica utilización y bajo costo operacional Para estudios transversales, es muy práctica y requiere una única evaluación de pocas variables | El PVC se obtiene a través de ecuaciones de predicción que al utilizar en diferentes poblaciones puede haber una pérdida en la precisión de predicción ⁷ Puede verse influenciado por problemas de mala nutrición, enfermedades o estrés mental. En estudios longitudinales, se requiere evaluar varios años que rodean la ocurrencia del pico ⁷ , no siendo posible realizar en una sola medición |
| Dental | Se evalúa de acuerdo con el número de dientes en la cavidad oral (visualizar los dientes erupcionados), o por los estadios de calcificación de los dientes (evaluación de RX) ⁴⁹ | Método simple y no invasivo De rápida ejecución El desarrollo de los dientes es permanente, pudiendo ser preservados por mucho más tiempo que otros tejidos del organismo ⁵⁰ , abarcando un amplio período desde el periodo embrionario hasta cerca del periodo adulto Posee importancia clínica como herramienta de auxilio en el diagnóstico, tratamiento y ejecución de tratamientos | Puede ser alterado por problemas como mala nutrición, pérdida prematura de dientes y caries dentaria ⁴⁹ A partir de los 14 años la mayoría de los dientes, con excepción del tercer molar, ya completaron su desarrollo, tornándose más difícil identificar la edad ⁵¹⁻⁵³ |

estadio de 1 a 5. En la decisión de clasificar el desarrollo del vello púbico, los genitales y las mamas entran en juego factores éticos y culturales⁴⁰, lo que limitaría su diagnóstico. Sin embargo, surge la posibilidad de realizar una autoevaluación en privado. Esta técnica de valoración se limita al periodo de la adolescencia y en una situación no clínica se considera particularmente para los niños, adolescentes y padres como incómoda⁷.

En líneas generales, la valoración de la maduración sexual permite a los profesionales de la salud determinar el grado de maduración puberal que se produjo en los adolescentes, independientemente de su edad cronológica¹⁶, convirtiéndose en un indicador de rutina, tanto en la clínica como en la escuela y en los clubes deportivos.

Algunos estudios consideran que la maduración sexual se correlaciona muy bien con el crecimiento lineal, cambios en el peso y la composición corporal y con los cambios hormonales⁵⁹, lo que permitiría estimar el momento del crecimiento esquelético del adolescente⁶⁰, puesto que la osificación y calcificación del esqueleto durante la adolescencia llega a su término a los 17-20 años⁶¹.

En la evaluación de la maduración sexual hay tres estadios, considerando que el estadio 1 es prepúbico, 2 - 4 progresión en la pubertad (púbico) y 5 constitución adulta (postpúbico), tanto en el desarrollo de las mamas (M), genitales (G) y vello púbico (P) (fig. 2).

Maduración esquelética

La maduración esquelética u ósea es la más útil para caracterizar ritmos o "tiempos" de maduración durante el crecimiento⁶², es costosa, requiere de equipo especializado e interpretación y cuestiones que incurren en

la seguridad radiológica⁷, siendo necesario durante su interpretación considerar la decisión de al menos dos observadores experimentados⁵⁷, evitando errores de interpretación por falta de experiencia.

La edad ósea se describe por el grado de maduración de los huesos de un niño⁶³, y su medición se realiza a través de la interpretación de los indicadores de madurez, que son características radiográficamente visibles de los huesos que se someten a sucesivos cambios durante la maduración. La mayoría de los indicadores reflejan la sustitución del cartílago por el hueso, pero algunos indican el crecimiento del hueso en las superficies o el subperiostio del hueso⁴³, pudiendo existir diferencias en las tasas de crecimiento individuales; así en el esqueleto de los niños de la misma edad cronológica pueden observarse marcadas diferencias en la madurez. Por lo tanto, la edad esquelética no sólo puede ser utilizada para determinar la edad biológica, sino también ayuda a comprender el potencial genético, crecimiento y desarrollo de los niños⁶⁴. En consecuencia, su valoración puede cubrir todo el periodo del crecimiento, desde el nacimiento hasta la madurez⁷.

Las técnicas para su valoración implican exposición a los rayos X (RX), que por mínima que ésta sea, no suele estar justificada, a menos que estén indicadas por un médico que necesite de pruebas radiográficas⁶⁵⁻⁶⁷. Según García de la Rubia, et al.⁶¹ los métodos analíticos basados en la valoración de al menos las radiografías de la mitad del esqueleto, han sido descartados por la dependencia que tienen de la experiencia del observador y por el exceso de radiación que se administra. Los métodos cualitativos basados en el atlas de Greulich y Pyle (G-P)⁶⁴ y los métodos de puntuación basados en el atlas de Tanner-

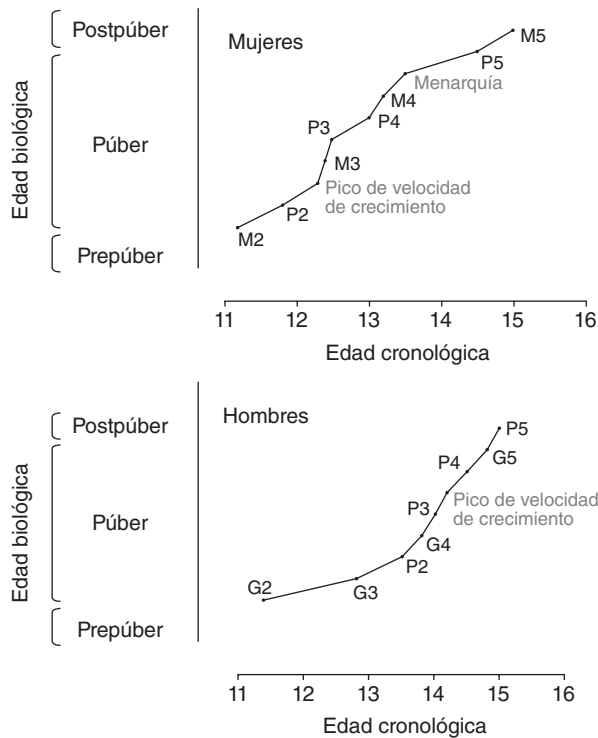


Fig. 2. Estadios de la maduración sexual. M: estadio maduracional de mamas; P: vello púbico; G: genitales; M2: etapa embrionaria; M3: diámetros areolares de las mamas aumentan de tamaño; M4: segunda elevación de las mamas; M5: etapa adulta; P2: primer vello; P3: vello oscuro, rizado y visiblemente pigmentado; P4: vello similar al tipo adulto pero de menor extensión; P5: etapa adulta; G2: inicio del desarrollo del pene; G3: ampliación en la longitud del pene, crecimiento de testículos y descenso del escroto; G4: similar al adulto, mayor desarrollo del glande; G5: etapa adulta.

Whitehouse⁶⁷, son los que se siguen utilizando en la actualidad para la valoración de la edad ósea. Como indicadores de madurez se toman los centros de osificación individuales, ya que tienden a ocurrir y desarro-

llarse con regularidad en un orden definido⁶⁷. Las zonas anatómicas varían de método a método (tabla 3):

Maduración somática

La liberación simultánea de la hormona de crecimiento, hormona tiroideas y los andrógenos estimulan la rápida aceleración de la estatura y el peso. Este aumento dramático de la estatura se conoce como el segundo estirón que se presenta en la adolescencia, o también conocido como el PVC.

En estudios longitudinales el PVC es considerado como un indicador de maduración en la adolescencia⁴, el cual se caracteriza por ser una técnica muy utilizada durante el periodo de la maduración⁷, presentando mayor precisión en relación a otras técnicas de medición.

La maduración somática puede ser valorada a través de técnicas antropométricas, donde las variables de peso y estatura por lo general son comparadas con tablas referenciales de tipo transversal y/o longitudinal. Así, en el caso de las niñas se considera que la media del pico de velocidad (PV) de estatura en niñas es de 9cm/año a los 12 años y el aumento total de estatura es de 25cm durante el crecimiento puberal⁶⁹, sin embargo, en el caso de los niños el promedio del PV de la estatura es de 10,3 cm/año, presentándose dos años más tarde en relación a las niñas, y corresponde al estadio 4 de los genitales de Tanner, aumentando 28cm de estatura^{21,69}.

Respecto al peso corporal, en los niños el PV del peso se produce aproximadamente al mismo tiempo que el pico de velocidad de la estatura y es de 9kg/año. En las niñas el aumento del peso máximo se produce antes del PV de la estatura (6 meses) y llega a 8,3kg/año a los 12,5 años aproximadamente³³.

En suma, la maduración somática puede ser valorada a través de dos técnicas: velocidad de crecimiento durante el tiempo y por medio del PVC diagnosticado a través de medidas antropométricas.

Velocidad de crecimiento. Se refiere a la tasa de crecimiento de un individuo en un determinado lapso de tiempo y no se puede utilizar en

Tabla 3
Métodos de valoración de la maduración esquelética

| Método | Características |
|--------------------------|--|
| Greulich-Pyle (1959) | Es un método cualitativo, donde es necesario una serie de estándares de referencia para hombres y mujeres, y a través de comparaciones sucesivas permite aproximar la edad del examinado al estándar más próximo, considerando que la coincidencia perfecta entre todos los signos de la radiografía y de estándar no es probable, debido a variaciones óseas individuales ⁴⁹ . El atlas de la mano y muñeca consta de 29 huesos y los estándares de comparación van en intervalos de medio año o 1 año, y en algunas edades el atlas de Greulich-Pyle tiene intervalos entre dos estándares consecutivos de más de un año. Así, si la radiografía de un niño de 8 años se ajusta con la radiografía estándar para niños de 9 años, la edad ósea de ese niño es de 9 años. En esta técnica no valora la maduración esquelética, pero sí se compara con la maduración que presenta la media de la población a esa determinada edad cronológica |
| Tanner Whitehouse (1975) | Es un método que utiliza una puntuación y describe tres formas de calcular la maduración ósea utilizando la mano y muñeca: a) el carpo, emplea los 7 núcleos del carpo; b) el RUS emplea 13 núcleos: radio, cúbito y los huesos cortos de la mano; c) 20 huesos, utilizando los 7 del carpo más los 13 del RUS. El método RUS es el más usado y preferido por varios estudios y el más eficaz para predecir la talla adulta |
| Fels (1988) | Este método se basa en el umbral en el cual los indicadores de maduración están presentes en el 50% de la población de referencia. Los indicadores específicos están dados para el radio, cúbito, huesos del carpo y metacarpianos y las falanges del primer y quinto dedo. Las calificaciones se realizan en función de la edad y sexo ⁶ . Es posible también usar el índice metacarpiano (IMC) que es la relación entre la longitud media y la anchura media del metacarpiano segundo al quinto, medidos en su punto medio. En consecuencia, debido a las muchas ventajas sobre otros métodos, el método Fels puede ser valorado por medio de radioabsorcuimetría de doble energía (DEXA), puesto que la exposición a la radiación es inferior en relación a otras pruebas radiográficas |
| SHS (1988) | Este método fue desarrollado por Hernández et al ⁶⁸ en una población española. Este método se basa en una radiografía lateral del pie y tobillo izquierdos. Su interpretación se realiza por medio de un método numérico y valora cinco núcleos de osificación (calcáneo, cuboides, tercera caña y las epífisis distales de tibia y peroné) a los que se les da una determinada puntuación dependiendo de los criterios madurativos que cumplan. La suma de todos ellos nos dará la maduración ósea, que la comparemos con los estándares de la población general. Se aplica a los niños de 0 - 2 años |

Tabla 4
Ecuaciones de regresión para predecir el pico de velocidad de crecimiento

| Ecuaciones |
|--|
| PVC = -9,232 + 0,0002708 (LMI*ATC) - 0,001663 (E*LMI) + 0,007216 (E*ATC) + 0,02292 (P/Est) (hombres) |
| PVC = -9,37 + 0,0001882 (LMI*ATC) + 0,0022 (E*LMI) + 0,005841 (E*ATC) - 0,002658 (E*P) + 0,07693 (P/Est) (mujeres) |

LMI: longitud de los miembros inferiores; ATC: altura tronco cefálica; E: edad; P: peso; Est: estatura.

una sola vez⁷⁰. Requiere de dos mediciones con intervalos no menores de tres meses y no mayores de 18 meses. La velocidad de crecimiento se considera normal cuando se ubica al niño y/o adolescente entre los percentiles 10 y 90. Para el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$VC (cm/año) = \frac{\text{Estatura actual} - \text{Estatura anterior}}{\text{Edad decimal actual} - \text{Edad decimal anterior}}$$

Pico de velocidad de crecimiento. Esta técnica es propuesta por Mirwald et al⁷, en la que es necesario medidas antropométricas como peso, estatura, altura tronco cefálica (estatura sentado) y la diferencia entre la estatura y la altura tronco cefálica. Es considerada como práctica y no invasiva¹⁵ y permite predecir la proximidad y el alejamiento del PVC en años desde -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, donde cero (0) significa el PVC. Las ecuaciones de regresión para ambos sexos se observan en la tabla 4.

Estudios que engloban la maduración biológica

A partir de los estudios que utilizan indicadores de maduración se puede inferir que varios son los factores que afectan el crecimiento y desarrollo de niños y adolescentes. Estos factores actúan de forma independiente o en conjunto para modificar el potencial genético de un individuo²⁹.

Tendencia secular

La tendencia secular en la estatura y el desarrollo de los adolescentes es una prueba más de la influencia significativa de los factores ambientales sobre el potencial genético para el crecimiento lineal en un individuo⁷¹. De hecho, hace un siglo y medio la talla promedio del hombre se alcanzaba a los 23 años, en contraste con los 17 años actuales, y la edad de la menarquía ha declinado de 17 a 12,5 años⁷². Esta tendencia secular parece haberse nivelado en los últimos 50 años⁷³, sobre todo en países industrializados, aunque el cambio en el ritmo del crecimiento y maduración de los adolescentes en países subdesarrollados continúa mejorando. En este sentido, varios estudios documentan ampliamente una tendencia secular positiva en varias regiones del mundo sobre el crecimiento físico de niños y adolescentes⁷⁴⁻⁷⁸. Por lo tanto, la explicación más evidente de este fenómeno es producto de la mejora nutricional, la reducción en la frecuencia y duración de las enfermedades durante la infancia⁷², así como mejores condiciones de vida, saneamiento y en general la salud pública⁷⁹.

Nutrición

La nutrición es la que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento y desarrollo, dado que una alimentación sana y equilibrada durante los primeros años de vida y durante la fase de crecimiento garantiza el normal desarrollo de los niños y adolescentes. Un aporte adecuado de calorías es esencial para el normal crecimiento de los seres humanos y las necesidades varían según la fase de desarrollo. En este sentido, el estado nutricional tiene un importante efecto modulador en el desarrollo se-

xual de los adolescentes²⁹, que se explica porque la obesidad y el sobrepeso están asociados con el inicio precoz de la maduración sexual⁸⁰⁻⁸², a su vez, la desnutrición está asociada con la pubertad tardía^{64,76}. Por lo tanto, las deficiencias de energía⁸⁴ en proteínas⁸⁵ y zinc⁸⁶ han sido relacionadas con la falta de crecimiento, sin embargo, las dietas ricas en grasa están asociadas al aumento del peso y obesidad⁸⁷.

Condición socioeconómica

La condición socioeconómica conlleva una serie de hábitos, comportamientos, condiciones y estilos de vida familiar, lo que se traduce en términos de pobreza y riqueza. El Comité de FAO/WHO⁸⁸ destaca que la condición socioeconómica está relacionada con el estado nutricional, ya que el consumo alimenticio depende de la capacidad para comprar los alimentos. En este sentido, en una familia numerosa con ingresos limitados los niños no reciben una nutrición adecuada. Como consecuencia, los niños de condición socioeconómica alta son más altos y presentan mayor peso con el transcurso de la edad cronológica y maduran más temprano que aquellos niños de condición económica baja⁸⁹.

En suma, el impacto de la pobreza y bajo nivel socioeconómico sobre el crecimiento y la malnutrición en la preadolescencia y la adolescencia, tanto en países desarrollados y en desarrollo son ampliamente analizados por varios estudios⁹⁰⁻⁹², lo que permite identificar las relaciones entre pobreza y desnutrición infantil⁹², inclusive la falta de acceso a las condiciones de saneamiento y asistencia sanitaria imposibilitan la consecución de un adecuado potencial genético. A su vez, la variación de estatura que se observa entre grupos de personas de diferentes condiciones socioeconómicas se manifiesta en diferentes intensidades⁹³, así la clase social a la que pertenecen los niños y adolescentes desempeña un papel preponderante en el proceso de crecimiento y desarrollo, ya que en los países menos desarrollados las diferencias entre los centros urbanos, marginales y rurales son marcadas y probablemente se deban a factores socioeconómicos y nutricionales, respectivamente.

Actividad física

Existe una asociación entre la maduración biológica y la actividad física sistemática, que se explica en razón a que las variaciones que se dan en la composición corporal se relacionan con el estadio de maduración, y consecuentemente surgen diferencias en relación al rendimiento motor, esto se explica debido a que los cambios en la estructura morfológica poseen relación directa con las respuestas fisiológicas frente al ejercicio⁹⁴, pudiendo observarse claramente cuando se compara individuos de la misma fase etaria, pero con diferente estadio de maduración, donde los adolescentes con una edad biológica acelerada van a poseer mayores valores en tamaño físico, con aumento de la masa mineral ósea y de la masa magra en relación a los adolescentes que se encuentran en edades biológicas atrasadas²⁷, y como consecuencia de ello, mejores valores en relación al nivel de rendimiento motor, como fue mostrado por Ara, et al.⁹⁵ en individuos prepúberes que participaron en programas de actividad física durante tres horas semanales, observándose una disminución de la grasa corporal del tronco y del cuerpo en general, además de que aumentaron significativamente el nivel de aptitud física.

Por otro lado, Malina⁹⁶ señala que la edad de la menarquía en las adolescentes que entrenan en un deporte es más tardía en relación con las que no entrenan, por lo que la práctica del entrenamiento físico regular conlleva un retraso en el comienzo de los ciclos menstruales. El retraso del crecimiento y la maduración sexual se encuentra bien docu-

mentado en ciertos grupos de atletas de elite, especialmente en corredores de distancia, gimnastas y bailarinas⁹⁷. En este sentido, de la Paz⁹¹ considera que la intensidad y la duración del trabajo físico durante la pubertad podrían tener una influencia en la maduración, debido a que la energía gastada en la actividad física es muy alta y produciría un desequilibrio en la alimentación⁹⁹, y consecuentemente se asocia con el retraso de la pubertad y los bajos niveles de gonadotropina¹⁰⁰. Sin embargo, los estudios realizados en varones indican que no existe ningún efecto adverso sobre la maduración sexual¹⁰¹. Por lo tanto, las preocupaciones acerca de la influencia del entrenamiento deportivo sobre la maduración sexual en mujeres deportistas advierte que los ejercicios prolongados y extenuantes, y el bajo nivel de grasa corporal, podrían retrasar la maduración sexual, disminuir el crecimiento esquelético y finalmente la estatura (Asociación Médica Americana, Asociación Dietética Americana)¹⁰².

Altitud

Finalmente, otro de los factores que podrían influir o alterar el crecimiento y desarrollo es la altitud; condición que genera una presión atmosférica reducida, frío, terreno irregular y cuyas características podrían ejercer profundos efectos sobre la vida vegetal y animal, determinando las especies de plantas a ser cultivadas, las especies de animales a ser criados, así como el nivel socioeconómico y el grado de aislamiento de las comunidades que conforman estos ecosistemas¹⁰³. En consecuencia, los niños que viven bajo estas condiciones de estrés ambiental generado por la hipobaría muestran reducido tamaño corporal en todas edades después del nacimiento¹⁰⁴, a su vez, presentan una reducción porcentual en la velocidad del crecimiento, especialmente en la pubertad¹⁰⁵, con lo que se produce retardo en el crecimiento lineal, maduración esquelética y sexual, respectivamente¹⁰⁶⁻¹⁰⁷.

SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES FINALES

La mayoría de los estudios revisados sugieren el uso de técnicas para valorar y controlar la maduración biológica de niños y adolescentes, independientemente de los efectos que puedan producir los factores extrínsecos (condiciones de vida, nivel socioeconómico, higiene, alimentación, estado nutricional, actividad física, tendencia secular); sin embargo, son pocos los estudios que suponen proponer nuevas técnicas y metodologías para valorar la maduración biológica, considerando como ventajas los bajos costes, alta reproducibilidad, facilidad en su uso y aplicación, y principalmente que sea no invasivo.

En general sugerimos futuros estudios que abarquen muestras específicas de niños y adolescentes, practicantes y no practicantes de modalidades deportivas específicas, así como en escolares que viven en regiones de moderadas y elevadas altitudes, y de diversas razas y etnias, con la intención de verificar la edad cronológica aproximada en que se pudiera presentar la maduración somática, sexual y/o esquelética. Tales informaciones podrían contribuir en la clasificación de grupos específicos más homogéneos acordes a su realidad.

Los estudios en niños y adolescentes necesitan de un control y seguimiento para tener en cuenta los efectos de la maduración. Los diferentes indicadores (dental, sexual, somático y esquelético) proporcionan relevante información, que permite determinar el ritmo o tiempo de maduración individual. En este sentido, las características de la población de niños y adolescentes, como la edad, sexo y tamaño de la población, son determinantes en el momento de seleccionar el método a utilizar para

su evaluación. En base a los estudios analizados, recalamos que la maduración esquelética o edad ósea es el indicador más útil, sin embargo, se considera que la predicción del PVC propuesta por Mirwald et al. (2002) es un método fiable, no invasivo, de bajo coste, de fácil aplicación, que permite valorar a grandes poblaciones.

En relación a los posibles usos y aplicaciones, la valoración de la maduración, independientemente del tipo de metodología, constituye una herramienta que puede ser utilizada en el área clínica, escuela, deporte, investigación y en la calidad de vida; sirviendo como un medio de clasificación y estratificación de grupos de trabajo para homogeneizar a los niños y adolescentes en circunstancias deportivas y no deportivas, dentro y fuera de la escuela, así como auxiliar en la interpretación entre maduración y rendimiento motor.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Chipkevitch E. Avaliação clínica da maturação sexual na adolescência. *J Pediatr (Rio J)*. 2001;77(Supl.2):S135-S142.
2. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth maturation and physical activity, 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.
3. McCloy CH. The measurement of Athletic Power. New York: Barnes & Co; 1934;1-36.
4. Malina RM, Bouchard C. Growth, Maturation and Physical activity. Champaign, IL: Human Kinetics; 1991:501-2.
5. Bergmann GG, Bergmann MLA, Lorenzi TDC, Pinheiro ES, Garlipp DC, Moreira RB. Pico de velocidade em estatura, massa corporal e gordura subcutânea de meninos e meninas dos 10 aos 14 anos de idade. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2007;9(4):333-8.
6. Malina R. Skeletal Age and age verification in youth sport. *Sport Med*. 2011;41(11):925-47.
7. Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002;34:689-94.
8. Koc A, Karaoglanoglu M, Erdogan M, Kosecik M, Cesur Y. Assessment of bone ages: is the Greulich-Pyle method sufficient for Turkish boys? *Pediatr Int*. 2001;43(6):662-5.
9. Schneirla TC. The concept of development in comparative psychology. En: Harris DB, editor. *The concept of development: An issue in the study of human behavior*. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1957. p. 78-108.
10. Woolfolk A. Psicología educativa. México: Prentice-Hall Hispanoamericana SA; 1996. p. 26.
11. Gallahue DL. Understanding motor development: infants, children, adolescents. Indiana: Benchmark; 1989.
12. Lopes-Machado D, Barbanti V. Maturacao esquelética e crescimento em crianças e adolescentes. *Ver Bras Cineantropom. Desempenho Hum*. 2007;9(11):12-20.
13. Crain WC. Theories of development: concepts and applications. Prentice Hall.1992.
14. Gesell A. Maturation and the infant behavior pattern. *Psychological Review*.1929; 36(4):307-19.
15. Machado D, Botta-Bonfim M, Trevizan-Costa L. Pico de velocidade de crescimento como alternativa para classificação maturacional associada ao desempenho motor. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2009; 11(1):14-21.
16. Stang J, Story M. Adolescent Growth and development. En: Stang J, Story M, editors. *Guidelines for Adolescent Nutrition Services*. Minnesota: University of Minnesota Press; 2005.
17. Carvalho H, Coelho-Silva M, Goncalves C, Philippaerts R, Castagna C, Malina R. Age-related variation of anaerobic power after controlling for size And maturation in adolescent basketball players. *Annals of Human Biology*. 2011;38(6):721-7.
18. Spear LP. The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neurosci Biobehav Rev*. 2000;24:417-63.
19. Malina RG. Biological maturity status of Young athletes. En: Malina RM, editor. *Young Athletes: Biological, Psychological, and educational perspectives*. Champaign: Human Kinetics; 1988:121-40.

20. De Onis M, Habicht JP. Anthropometric reference data for international use: recommendations from a World Health Organization Expert Committee. *Am J Clin Nutr.* 1996;64:650-8.
21. Marshall WA, Tanner JM. Variation: in the pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Childhood.* 1969;4-1:291-303.
22. Tanner JM. *Fetus into Man: Physical Growth from conception to Maturity*: London: Open Books; 1978:75-83.
23. Juliano-Burns S, Mirwald RL, Bailey DA. Timing and magnitude of peak height velocity and peak tissue velocities for early, average, and late maturing boys and girls. *Am J Hum Biol.* 2001;13:1-8.
24. Sun SS, Schubert CM, Chumlea WC, Roche AF, Kulin HE, Lee PA, Himes JH, et al. National estimates of the timing of sexual maturation and racial differences among US children. *Pediatrics.* 2002;110:911-9.
25. Cumming S, Gillison F, Sherar L. Biological maturation as a confounding factor in the relation between chronological age and health-related quality of life in adolescent females. *Quality of Life Research.* 2011; 20(2): 237-42.
26. Malina RM. Growth and maturation: do regular physical activity and training for sport have a significant influence. En: Armstrong N, van Mechelen W, editors. *Paediatric Exercise Science and medicine*. Oxford: Oxford University Press; 2000. p. 95-106.
27. Ré AHN, Bojikian LP, Teixeira PT, Bohme MTS. Relação entre crescimento, desempenho motor, maturação biológica e idade cronológica de jovens do sexo masculino. *Revista brasileira de educação física e esportes.* 2005;19(2):153-62.
28. Gesell A. The role of maturation in the patterning of behavior. En: Murchison C, editor. *A handbook of child psychology*, 2nd. ed rev. New York: Russell & Russell/Atheneum Publishers; 1933. p. 209-35.
29. Rogol A, Clark P, Roemmich J. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(Suppl):521S-8S.
30. Tourinho-Filho H, Tourinho L. Crianças, adolescentes e atividade física: Aspectos maturacionais e funcionais. *Ver Paul Educ Fis Sao Paulo.* 1998; 12(1):1-84.
31. Malina RM. *Growth and development*. Mineapolis: Burgess; 1975.
32. Tanner JM. Earlier maturation in man. *Sci Am.* 1968;218(1):21-7.
33. Tanner JM. *Fetos into man: Physical growth from conception to maturity*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1989.
34. Bayley N. De accurate prediction of growth and adult height. *Moder problems in Pediatrics.* 1954;7:234-55.
35. Macgregor S, Cornes B, Martin N, Visscher P. Bias, precision and heritability of self-reported and clinically measured height in Australian twins. *Hum Genet.* 2006;120: 571-80.
36. Perola M, Sarmalisto S, Hiekkalinna T, Martin NG, Visscher PM. Combined Genome Scans for Body Stature in 6,602 European Twins: Evidence for Common Caucasian Loci. *PLoS Genet* 3: e97; 2007.
37. Luo ZC, Albertsoon-Wikland K, Karlberg J. Target height as predicted by parental height in population-based study. *Pediatr Res.* 1998;44:563-71.
38. Tanner JM, Goldstein H, Whitehouse RH. Standards for children's height at ages 2 - 9 years allowing for height of parents. *Arch Dis Child.* 1970; 45:755-62.
39. Tanner JM. *Growth at adolescence*, 2nd.ed. Oxford: Blackwell Scientific; 1962.
40. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Geen HJ, editors. *Physiological testing of elite athlete*. London: Human Kinetics; 1991:223-308.
41. Khan KM, Miller BS, Hoggard E. Application of ultrasound for bone age estimation in clinical practice. *J. Pediatr.* 2009;154:243-13.
42. Mentzel HJ, Vogt S, Vilser C. Abschätzung des Knochenalters mit ciner neuen Ultraschellmeto. *Forts Rontgenstr.* 2005;35(177):1699-705.
43. Roche AF, Chumlea WC, Thissen D. *Assessing skeletal maturity of the hand-wrist: FELS method*. Springfield: Charles C Thomas Publisher; 1988. p. 41-7.
44. Beunen GP. Biologic age in pediatric exercise research. En: Bar-Or, editor. *Advances in Pediatric Sport Sciences*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1989. p. 1-39.
45. Ogodescu AE, Bratu E, Tudor A, Ogodescu A. Estimation of child's biological age based on tooth development. *Rom J Leg Med.* 2011;19:115-24.
46. Izquierdo M, Ibañez J. Crecimiento y maduración del deportista joven. Aplicación para el desarrollo de la fuerza (resumen). *PubliCE Premium.* 25/04/2007. Pid: 808.
47. Baxter-Jones A, Eisenmann J, Sherar L. Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Peditric Exercise Science*, Amsterdam. 2005;17: 18-30.
48. Peres-Klug D, Santos da Fonseca P. Análise da maturação feminina: um enfoque na idade de ocorrência da Menarca. *R. da Educação Física/UEM. Maringá,* 2006;17(2):139-47.
49. Pereira-Viera S. Correlacao entre a idade cronológica e a mineralizacao do terceiro molar através do método de Demirjian. *Disertacao de Mestrado em Medicina dentaria.* Faculdade de ciências da saúde/Universidade Fernando Pessoa, Porto 2001.
50. Kvaal S, Kolltveit-Thomsen I, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Science International.* 1995;74:175-85.
51. Prieto J, Barbería E, Ortega R, Magaña C. Evaluation of chronological age base don third molar development in the Spanish population. *International Journal of Legal Medicine.* 2005;119:349-54.
52. Acharya A. Accuracy of predicting 18 years of age from mandibular third molar development in an Indian samples using Demirjian's ten-stage criteria. *International Journal of Legal Medicine.* 2010.
53. Rai B, Kaur J, Jafarzadeh H. Dental age estimation from the developmental stage of thrd molars in Iranian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine.* 2010;17:309-11.
54. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new sistem of dental age assessment. *Hum Biol.*1973;45:211-27.
55. Butti AC, Clivio A, Ferraroni M, Spada E, Testa A, Salvato A. "Haavikko's method to assess dental age in Italian children", *European Journal of Orthodontics.* 2009;31:211-27.
56. Ogodescu A, Ogodescu A, Szabo K, Tudor A, Bratu E. Dental Maturity a biologic indicator of chronological age: Digital radiographic study to assess Dental age in Romanian children. *International Journal of Biology and Biomedical engineering.* 2011;1(5).
57. Dimeglio A. Growth in Pediatric Orthopaedics. *J Pediatr Orthop.* 2001; 21(4).
58. Hagg U, Taranger J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod.* 1982;82(4):299-309.
59. Gong EJ, Heald FP. Diet, nutrition and adolescence. En: Shils ME, Olson JA, Shike M, editors. *Modern nutrition in health and disease*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1994. p. 759-69.
60. Neinstein LS. Adolescent health care: a practical guide. En: Neinstein LS, Kaufman FR, editors. *Abnormal growth and development*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2002.
61. Domínguez La Rosa P, Espeso-Gayte E. Bases fisiológicas del entrenamiento de la fuerza con niños y adolescentes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.*2003;3(9): 61-8.
62. Ceglia A. Indicadores de maduración de la edad ósea, dental y morfológica. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría.* 2005;1-11.
63. Gertych A, Zhang A, Sayre J. Bone age assessment of children using a digital hand atlas. *Computerized Medical Imaging and Graphics.* 2007;31: 322-31.
64. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of skeletal development of hand wrist.* 2ed ed. Stanford, CA: Stanford University Press; 1971.
65. Ross WD, Marfell-Jones RJ. Cinantropometria. En: Duncan J, MacDougall H, Wenger A, Green HJ, editors. *Evaluación fisiológica del deportista*. Barcelona: Paidotribo; 1995.
66. García de la Rubia S, Santoja-Medina F, Pastor-Clemente A. Valoración de la edad ósea. Su importancia en medicina del Deporte. *Ortopedia.* 1998; 7(3):160-8.
67. Sarria A, Moreno L, Bueno M. Análisis del atlas de Greulich y Pyle mediante los métodos TW2 y TW2-A. *An Esp Pediatr.* 1986;24(2):105-10.
68. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM, Narvaiza JL. A new method for assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life. *Pediatr Radiol.* 1988; 18: 484-9.
69. Kelch RP, Beitins IZ. Adolescent sexual development. En: Kappy MS, Blizzard RM, Migeon CJ, editors. *The diagnosis and treatment of endocrine disorders in childhood and adolescence.* 4th ed. Springfield, IL: Charles C Thomas; 1994:193-234.
70. Sherar LB, Baxter-Jones ADG, Mirwald RL. Limitations to the use of secondary sex characteristics for gender comparisons. *Annals of Human Biology.* 2004;31(5):586-93
71. Rogol A, Roemmich J, Clark P. Growth at Puberty. *Journal of adolescent health.* 2002;31:192-200.
72. Rosebloom A. Fisiología del crecimiento. *Ann Nestlé [Esp].* 2007;65:99-110.
73. Smith DW. *Growth and Its Disorders*. Philadelphia: Saunders; 1977.
74. Fleta J, Rodríguez G, Mur L, Moreno L, Bueno M. Tendencia secular del tejido adiposo corporal en niños prepúberes. *An Esp Pediatr.* 2000;52(2): 116-22.
75. Zhen-Wang B, Cheng-Ye J. Secular growth changes in body height and weight in children and adolescents in Shandong, China between 1939 and 2000. *Ann Hum Biol.* 2005;32(5):650-65.
76. Simsek F, Ulukol B, Gulnar SB. The secular trends in height and weight of Turkish school children during 1993-2003. *Child Care Health Dev.* 2005;31(4):441-7.
77. Chrzanowska M, Koziel S, Ulijaszek SJ. Changes in BMI and the prevalence of overweight and obesity in children and adolescents in Cracow, Poland, 1971- 2000. *Econ Hum Biol.* 2007;5(3):370-8.

78. Boddy LM, Hackett AF, Stratton G. Changes in BMI and prevalence of obesity and overweight in children in Liverpool, 1998-2006. *Perspect Public Health.* 2009;129(3):127-31.
79. Beunen GP, Rogol D, Malina R. Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and Nutrition Bulletin.* 2006;27(4):244-56.
80. Freedman DS, Khan LK, Serdula MK, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of menarcheal age to obesity in childhood and adulthood: the Bogalusa Heart Study. *BMC Pediatr.* 2003;3:3.
81. Adair L, Gordon-Larsen P. Maturation timing and overweight prevalence in US adolescent girls. *Am J Public Health.* 2001;91:642-4.
82. Forbes GB. Influence of nutrition. En: Forbes GB, editor. *Human Body composition: growth, aging, nutrition and activity.* New York: Springer-Verlag; 1987:209-47.
83. Simondon KB, Simondon F, Simon I, Diallo A, Benefice E, Traissac P, et al. Preschool stunting, age at menarche and adolescent height: a longitudinal study in rural Senegal. *Eur J Clin Nutr.* 1998;52:412-8.
84. Torun B, Davies PS, Livingstone MB, Paolisso M, Sackett R, Spurr GB. Energy requirements and dietary energy recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *Eur J Clin Nutr.* 1996;50(Suppl 1):S37-81.
85. Golden MH. The role of individual nutrient deficiencies in growth retardation of children as exemplified by zinc and protein. En: Waterlow JC, editor. *Linear growth retardation in less developed countries.* New York: Raven Press; 1988. p. 143-63.
86. Chen P, Soares AM, Lima AA, Gamble MV, Schorling JB, Conway MV, et al. Association of vitamin A and zinc status with altered intestinal permeability: analyses of cohort data from northeastern Brazil. *J Health Popul Nutr.* 2003;21:309-15.
87. Tremblay A. Dietary fat and body weight set point. *Nutr Rev.* 2004; 62(7 pt 2):S75-7.
88. Committee FAO/WHO/Unicef. Committee of experts in nutrition, Methodology of nutrition vigilance. WHO, series of technical information, n°593, Ginebra;1976.
89. Malina RM. Crescimento de crianças latino-americanas: comparações entre os aspectos socioeconômicos, urbano-rural e tendência secular. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento.* 1990;4(3):46-75.
90. Bielicki T, Welon Z. Growth data as indicators of social inequalities: the case of Poland. *Yearb Phys Anthropol.* 1982;25:153-67.
91. Martorell R, Mendoza F, Castillo R. Poverty and stature in children. En: Waterlow JC, editor. *Linear growth retardation in less developed countries.* New York: Raven Press; 1988. p. 57-70.
92. Blakely T, Hales S, Kieft C, Wilson N, Woodward A. The global distribution of risk factors by poverty level. *Bull World Health Organ.* 2005;83: 118-26.
93. Koziel S, Lipowicz A. Concurrent Effect of Social Factors and Maturity Status on Height and BMI of Adolescent Girls. *J Life Sci.* 2009;1(2):133-7.
94. Rowland TW. *Developmental exercise physiology Champaign.* Human Kinetics. 1996.
95. Ara I, Rodríguez GV, Ramírez JJ, Dorado C, Sánchez JAS, Calbet JAL. Regular participation in sports is associated with enhanced physical fitness and lower fat mass in prepubertal boys. *Int J Obes.* 2004;28(1):1585-93.
96. Malina RM. Menarche in athletes: Asynthesis and hypothesis. *Ann Hum Biol.* 1983;10:1-24.
97. Malina RM. Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exerc Sport Sci Rev.* 1994;22:389-433.
98. De La Paz MM. Child labor: its implications to nutrition and health in the Philippines. Ph.D. Dissertation. Ithaca, NY: Cornell University; 1990. p. 394.
99. Cameron JL. Nutritional determinants of puberty. *Nutr Rev.* 1996;54: S17-S22.
100. Warren MP. The effects of exercise on pubertal progression and reproductive function in girls. *J Clin Endocrinol Metab.* 1980;51:1150-7.
101. American Academy of Pediatrics. Committee on Sports Medicine and Fitness. *Intensive Training and Sports Specialization in Young Athletes.* Pediatrics. 2000;106(1).
102. American Medical Association/American Dietetic Association. *Targets for adolescents health: Nutrition and physical Fitness.* Chicago: American medical Association; 1991.
103. Crespo I, Valera J, Gonzales G, Guerra-García R. Crecimiento y desarrollo de niños y adolescentes a diversas alturas sobre el nivel del mar. *Acta Andina.* 1995;4(1):53-64.
104. Cossio-Bolaños MA, Arruda M, Núñez-Álvarez V, Lancho Alonso JL. Efectos de la altitud sobre el crecimiento físico en niños y adolescentes. *Rev Andal Med Deporte.* 2011;4(2):71-6.
105. Hass JD, Baker PT, Hunt EE. The effects of high altitude on body size and composition of the newborn infant in southern Peru. *Am J Phys Anthropol.* 1982;59:251-62.
106. Stinson S. The effect of high altitude on the growth of children of high socioeconomic status in Bolivia. *Am J Phys Anthropol.* 1982;59: 61-71.
107. Greksa L. Growth and development of Andean high altitude residents. *High Alt Med Biol.* 2006;7:116-24.



Comunicaciones

Comunicaciones presentadas en el III Seminario SAMEDE: “Deporte y salud”. Sevilla 16 de noviembre de 2013.

1. MODALIDADES DEPORTIVAS DE RESISTENCIA VERSUS INTERMITENTES/MIXTAS; HALLAZGOS EN PARÁMETROS ELECTROCARDIOGRÁFICOS Y ECOCARDIOGRÁFICOS

A. Ranchal^a, J. R. Gómez-Puerto^b, D. Pavón^c, B. H. Viana^b y M. E. Da Silva^d

^aEscuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte de Cádiz. Cádiz. España.

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

^cDidáctica de la Educación Física, Plástica y Musical. Universidad de Cádiz. Cádiz. España.

^dDepartamento de Educación Física. Universidade de Sergipe. Sergipe. Brasil.

Introducción

Clásicamente se distingue entre hipertrofia ventricular izquierda concéntrica (entrenamiento en fuerza) y excéntrica (entrenamiento en resistencia) como forma de adaptación cardiaca, pudiendo existir modificaciones según el tipo de deporte y sus características o demandas fisiológicas. Diferentes investigadores aconsejan la utilización de pruebas adicionales (ecocardiograma) que ayuden a diferenciar la hipertrofia cardiaca fisiológica de la patológica.

Objetivos

- 1) Describir y comparar los hallazgos electrocardiográficos y ecocardiográficos observados en deportistas de diversas modalidades deportivas de resistencia e intermitentes/mixtas de la provincia de Córdoba.
- 2) Investigar la eficacia de parámetros electrocardiográficos como método de “screening” en función de los hallazgos en el estudio ecocardiográfico, con especial atención a las posibles diferencias entre modalidades deportivas de resistencia (cíclicas) o intermitentes (acíclicas).

Método

Estudio descriptivo transversal de electrocardiogramas y ecocardiogramas realizados en el CAMD de Córdoba a 196 deportistas adultos varones federados. Se agruparon según modalidades deportivas de resistencia e intermitentes. Se realizaron electrocardiogramas de 12 derivaciones en reposo y medidas ecocardiográficas de diámetro del ventrículo izquierdo (VI), grosor de pared posterior de VI y septo interventricular, índice de masa VI, fracción de eyección VI, y ratios para valorar el tipo de remodelado cardíaco. Análisis estadístico mediante *software* “Predictive Analytic” (PASW, versión 18; SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Las diferencias

en función de la modalidad del deporte se estudiaron con el análisis de la covarianza.

Resultados

La incidencia de trastornos de la repolarización fue mayor en aquellos que realizaban modalidades de resistencia, siendo significativa la diferencia en el caso de las ondas T picudas ($p < 0,05$). El diámetro telediastólico del VI fue significativamente mayor en los deportistas de modalidades intermitentes/mixtas, teniendo una mayor incidencia de dilatación del VI anormal. En todos aquellos casos en los que se ha establecido alteración morfológica positiva de las variables analizadas con ecocardiograma se ha confirmado que valores medios del QRS se encuentran por encima del corte considerado como anormal ($> 35\text{mm}$) en aquellos deportistas de modalidades mixtas, no siendo así para los casos de modalidades de resistencia.

Conclusiones

Se observaron alteraciones electrocardiográficas y ecocardiográficas en ambas modalidades deportivas. Parece ser que en las modalidades deportivas intermitentes/mixtas aquellos deportistas que superan el punto de corte establecido como anormal para el complejo QRS presentan una mayor capacidad discriminativa para detectar aquellos casos que tienen alteraciones morfológicas de algunas de las variables analizadas en el ecocardiograma. Estos resultados sugieren que el electrocardiograma puede tener una sensibilidad específica en función del deporte para el *screening* de las posibles alteraciones morfológicas.

2. NIVEL DE PESO EN NIÑOS DEPORTISTAS Y FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR FAMILIAR ASOCIADOS

A. C. Cis Spoturno^a, M.T. Paz Sauquillo^b y M. López Zea^b

^aSección de Cardiología y Medicina del Deporte. Centro de Evaluación de niños y adolescentes deportistas. Almería. España.

^bDepartamento de Medicina del Deporte. Instituto Deportivo Municipal. Santoña. Cantabria. España.

Introducción

La obesidad es un factor de riesgo cardiovascular que contribuye al desarrollo de enfermedades cardiovasculares o eventos de origen cardíaco durante la práctica deportiva.

Objetivos

Los objetivos del estudio fueron:

- 1) Estimar la distribución del sobrepeso u obesidad en niños deportistas.
- 2) Vincular la presencia de factores de riesgo cardiovascular en padres o abuelos con el nivel de peso de los niños.

Método

Estudio retrospectivo de las historias clínicas de 1.021 deportistas evaluados entre los años 2005-2008: 911 del Instituto Municipal de Santona (Cantabria) y 110 del Centro Médico Deportivo en Almería (Andalucía). Analizamos los pesos, tallas y el índice de masa corporal, definiendo el sobrepeso y obesidad según las tablas de la Fundación Orbegozo. Cuantificamos como factores de riesgo los antecedentes familiares de obesidad, diabetes tipo 2, hipertensión, dislipidemia y cardiopatía isquémica o accidentes cerebrovasculares.

Con el programa estadístico MedCalc estimamos los intervalos de confianza del 95 % y realizamos distintas pruebas de significación (Chi cuadrado, t de Student, Fischer y Mann-Whitney), considerando significativos los valores de $p < 0,05$.

Resultados

Las edades de la muestra global oscilaron entre los 6 y 16 años de edad: (82 % de varones y 18 % de mujeres). Detectamos 226 (22,1 %, IC 95, 19,6 - 24,8 %) sobrepesos u obesos. No hubo diferencias significativas entre el nivel de peso de los niños y la prevalencia acumulada de patologías o el porcentaje de ascendientes con factores de riesgo. Destacamos la obesidad familiar en la línea materna (abuela y abuelo) de los pacientes obesos: (30 % IC 95; 24,1 - 36,5 %) y (26 % IC 95; 20 - 31,8 %) respectivamente. Hubo diferencias significativas ($p < 0,001$) al comparar los ascendientes obesos y los deportistas excedidos de peso.

Conclusiones

Detectamos obesidad en niños deportistas. La obesidad fue el factor dominante en la línea materna de los pacientes obesos. La relación entre pacientes y familiares ambos excedidos de peso fue significativa.

3. PREVALENCIA DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN NIÑOS/AS QUE PRACTICAN TENIS

J. Gutiérrez Sanoja^a, B. Sañudo Corrales^b y D. Galiano Orea^c

^aGabinete de Nutrición Federación Andaluza de Tenis. Sevilla. España.

^bUniversidad de Sevilla. Sevilla. España.

^cUNIA. Sevilla. España.

Introducción

La prevalencia de sobrepeso y obesidad en la población infantojuvenil andaluza es alta, existen pocos datos de la incidencia de sobrepeso y obesidad en los deportistas infantojuveniles andaluces.

Objetivos

El presente trabajo pretende determinar la prevalencia de sobrepeso y obesidad en una población infantojuvenil que practican tenis, conocer sus hábitos alimentarios y la frecuencia con la que realizan actividad física.

Método

Se trata de un estudio transversal y la muestra estuvo compuesta por 224 sujetos de entre 6 y 17 años, que practicaban tenis en alguno de los clubs colaboradores, a los cuales se les evalúa el nivel de actividad física (PAQ-C), el nivel de adherencia a la dieta mediterránea (KIDMED) y el índice de masa corporal (peso/talla²).

Resultados

Según los resultados obtenidos, el sobrepeso y la obesidad se sitúan en un 14,7 % (11,1 % y 3,6 % respectivamente) y el 49,6 % de la muestra es sedentaria a pesar de que todos practicaban tenis de forma regular.

Conclusiones

Esta investigación demuestra una vez más que el tratamiento para el sobrepeso y la obesidad infantil depende de muchos factores y aunque se practique deporte de forma regular, a veces no es suficiente, es necesario incentivar a la población infantojuvenil a una vida activa, así como a mantener unos hábitos alimentarios saludables y llevar una dieta mediterránea.

4. VALORACIÓN DE LA FUERZA EXPLOSIVA EN PLATAFORMA DINAMOMÉTRICA DE FUTBOLISTAS ANDALUCES MEDIANTE UNA TABLA DE PERCENTILES

R. A. Centeno-Prada^a, J. Naranjo-Orellana^b, C. López^a y J. D. Beas-Jiménez^a

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

^bUniversidad Pablo de Olavide. Sevilla. España.

Introducción

Tras realizar una extensa búsqueda de información bibliográfica, se observó que existe una gran dificultad en la comparación de los resultados de los tests de fuerza explosiva debido a los diversos instrumentos utilizados y a la diferente metodología empleada.

Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue confeccionar una tabla de percentiles que facilite el análisis de los resultados de los tests de fuerza explosiva en fútbol.

Método

Se utilizó un tallímetro (Añó Sayo, modelo Atlántida), un cicloergómetro (ergometrics, modelo ergoline 900) y una plataforma de fuerza (Dinas-

can, modelo Athletejump del IBV, Valencia), cuya característica principal es una frecuencia de adquisición de datos de 1000 Hz. Todos los sujetos realizaron un calentamiento seguido de saltos individuales sin contramovimiento (squat jump ó SJ) siguiendo el protocolo de Bosco. Se obtuvieron promedio y desviación estándar de los siguientes parámetros: potencia (PMR) y fuerza máxima relativas (FMR), altura máxima (AM), índice de explosividad (IE), impulso efectivo relativo (IER) y tiempo de ejecución (Tej). Se obtuvo una tabla de percentiles del SJ tabulando los resultados de todas las variables, sin diferenciar el deporte practicado. Para obtener la tabla de percentiles se realizaron test de SJ a 555 deportistas hombres de 11 deportes distintos, de los cuales 109 eran futbolistas.

Resultados

La muestra de futbolistas estuvo formada por 109 sujetos ($24,16 \pm 4,11$ años; $77,19 \pm 7,60$ kgs; $179,31 \pm 5,93$ cms). La tabla de percentiles de los parámetros evaluados tras la realización de los SJ es la siguiente:

| Percentil | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
|-----------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| PMR | 35,96 | 38,17 | 41,78 | 45,90 | 50,60 | 55,34 | 58,14 |
| FMR | 19,37 | 20,50 | 21,60 | 23,20 | 25,31 | 27,34 | 28,75 |
| AM | 24,52 | 26,78 | 29,96 | 33,24 | 36,90 | 41,19 | 43,49 |
| IE | 5170,27 | 5736,48 | 7828,21 | 10302,55 | 13125,95 | 17380,42 | 20355,89 |
| IER | 2,00 | 2,10 | 2,24 | 2,40 | 2,53 | 2,70 | 2,80 |
| Tej | 292,00 | 304,00 | 343,75 | 392,00 | 458,00 | 561,50 | 649,75 |

PMR: potencia máxima relativa; FMR: fuerza máxima relativa; AM: altura máxima; IE: índice de explosividad; IER: impulso efectivo relativo; Tej: tiempo de ejecución del salto.

Los resultados del SJ en los futbolistas y el percentil correspondiente están recogidos en la siguiente tabla:

| | PMR | FMR | AM | IE | IER | Tej |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| \bar{X} | 49,17 | 25,83 | 35,81 | 13323,42 | 2,44 | 432,07 |
| SD | 7,05 | 5,72 | 5,68 | 6435,01 | 0,26 | 150,30 |
| Percentil | P ₅₀ a P ₇₅ | P ₇₅ a P ₉₀ | P ₅₀ a P ₇₅ | P ₇₅ a P ₉₀ | P ₅₀ a P ₇₅ | P ₅₀ a P ₇₅ |

\bar{X} : Promedio; SD: desviación estándar; PMR: potencia máxima relativa; FMR: fuerza máxima relativa; AM: altura máxima; IE: índice de explosividad; IER: impulso efectivo relativo; Tej: tiempo de ejecución del salto; P: percentil.

Los parámetros PMR, FMR, AM y IE se encuentran por encima del percentil 50, lo que indica que la fuerza explosiva en los futbolistas es un indicador del rendimiento en este deporte y útil para su evaluación.

Conclusiones

La tabla de percentiles es útil para valorar la fuerza explosiva de los deportistas sin tener en cuenta el deporte practicado.

El rendimiento deportivo de los futbolistas, respecto a la fuerza explosiva, se caracteriza por presentar los valores de PMR, FMR y AM, por encima del percentil 50.

5. LA FUERZA EXPLOSIVA EN ATLETAS ANDALUCES VARONES EN UNA PLATAFORMA DINAMOMÉTRICA. VALORACIÓN MEDIANTE UNA TABLA DE PERCENTILES

R. A. Centeno-Prada^a, J. Naranjo-Orellana^b, C. López^a
y J. D. Beas-Jiménez^a

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

^bUniversidad Pablo de Olavide. Sevilla. España.

Introducción

Se realizó una amplia búsqueda bibliográfica y se detectó que existe una gran dificultad en la comparación de los resultados de los tests de fuerza explosiva debido a los diversos instrumentos utilizados y a la diferente metodología empleada.

Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue confeccionar una tabla de percentiles que facilite el análisis de los resultados de los tests de fuerza explosiva en atletismo.

Método

Para este trabajo se usó un tallímetro (Año Sayo, modelo Atlántida), un cicloergómetro (ergometrics, modelo ergoline 900) y una plataforma de fuerza (Dinascan, modelo Athletejump del IBV), cuya característica principal es una frecuencia de adquisición de datos de 1000 Hz. Todos los sujetos hicieron un calentamiento seguido de saltos individuales sin contramovimiento (squat jump o SJ) según el protocolo de Bosco. Se realizó promedio y desviación estándar de los parámetros: potencia (PMR) y fuerza máxima relativas (FMR), altura máxima (AM), índice de explosividad (IE), impulso efectivo relativo (IER) y tiempo de ejecución (Tej). Se obtuvo una tabla de percentiles del SJ tabulando los resultados de todas las variables, sin diferenciar el deporte practicado.

Para obtener la tabla de percentiles se realizaron test de SJ a 555 hombres deportistas de 11 deportes diferentes, de los cuales 24 practicaban atletismo.

Resultados

La muestra de atletas estuvo formada por 24 sujetos ($20,38 \pm 3,63$ años; $72,90 \pm 9,09$ kgs; $178,77 \pm 7,05$ cms). La tabla de percentiles de los parámetros evaluados tras la realización de los SJ es la siguiente:

| Percentil | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
|-----------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| PMR | 35,96 | 38,17 | 41,78 | 45,90 | 50,60 | 55,34 | 58,14 |
| FMR | 19,37 | 20,50 | 21,60 | 23,20 | 25,31 | 27,34 | 28,75 |
| AM | 24,52 | 26,78 | 29,96 | 33,24 | 36,90 | 41,19 | 43,49 |
| IE | 5170,27 | 5736,48 | 7828,21 | 10302,55 | 13125,95 | 17380,42 | 20355,89 |
| IER | 2,00 | 2,10 | 2,24 | 2,40 | 2,53 | 2,70 | 2,80 |
| Tej | 292,00 | 304,00 | 343,75 | 392,00 | 458,00 | 561,50 | 649,75 |

PMR: potencia máxima relativa; FMR: fuerza máxima relativa; AM: altura máxima; IE: índice de explosividad; IER: impulso efectivo relativo; Tej: tiempo de ejecución del salto.

Los resultados del SJ en los futbolistas y el percentil correspondiente están recogidos en la siguiente tabla:

| | PMR | FMR | AM | IE | IER | Tej |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| \bar{X} | 56,83 | 26,93 | 41,03 | 15077,08 | 2,68 | 328,58 |
| SD | 6,49 | 2,36 | 5,93 | 6607,49 | 0,16 | 43,75 |
| Percentil | P ₉₀ a P ₉₅ | P ₇₅ a P ₉₀ | P ₇₅ a P ₉₀ | P ₇₅ a P ₉₀ | P ₇₅ a P ₉₀ | P ₁₀ a P ₂₅ |

\bar{X} : Promedio; SD: desviación estándar; PMR: potencia máxima relativa; FMR: fuerza máxima relativa; AM: altura máxima; IE: índice de explosividad; IER: impulso efectivo relativo; Tej: tiempo de ejecución del salto; P: percentil.

Todos los parámetros analizados se encuentran por encima del percentil 75, excepto el Tej, lo que indica que la fuerza explosiva de los atletas está por encima de la media de los demás deportes valorados, siendo por ello un buen indicador del rendimiento en este deporte.

Conclusiones

La tabla de percentiles es útil para valorar la fuerza explosiva de los deportistas sin tener en cuenta el deporte practicado.

El rendimiento deportivo de los atletas en fuerza explosiva se caracteriza por presentar valores de PMR, FMR, AM, IE e IER por encima del percentil 75.

6. ACTIVIDAD FÍSICA EN UN MUNICIPIO RURAL DEL SUR DE ESPAÑA

R. M. Yang Lai, I. García Campanario, M. Fernández Úbeda, A. Linares Ortega, A. Vizcaíno Orti, J. Cárdenas Gutiérrez, A. Álvarez Mesa, P. Fermín Escoto, A. Ramírez Gómez y W. Builagman Azirar

Servicio Andaluz de Salud. Junta de Andalucía. Distrito Aljarafe. Sevilla. España.

Introducción

Los conocimientos actuales permiten constatar los beneficios para la salud que aporta la actividad física regular. A pesar de ello, la población presenta una tendencia cada vez más sedentaria.

Objetivos

Determinar la prevalencia de las personas que realizan actividad física en un área rural del Sur de España.

Así mismo el objetivo era establecer la existencia de asociaciones entre la realización de actividad física con variables sociodemográficas, clínicas y biológicas.

Método

Estudio descriptivo de base poblacional. Se trata de un muestreo sistemático estratificado por edad y sexo, tomando como fuente de datos el Instituto Nacional de Estadística y la Base de datos del usuario del Servicio Andaluz de Salud (BDU) del año 2007. Realizado en el municipio de El Coronil, Sevilla, con una población de 5.045 habitantes, economía agraria y movimientos poblacionales escasos. El tamaño muestral fue de 249 (prevalencia 12 %, nivel de confianza 95 %, error muestral 5 %, efecto diseño 1, estimación tasa pérdidas 10 % por estratos de edad y sexo). Criterios de inclusión: adscripción al municipio, consentimiento informado escrito. Variables estudiadas: edad, sexo, realización de actividad física, peso, talla, perímetro abdominal, perfil lipídico, nivel de estudios, antecedentes personales, hipertensión arterial, consumo de tabaco, alcohol.

Resultados

Un 20,08 % (50 personas) declararon realizar actividad física, 30 hombres y 20 mujeres, sin diferencias significativas en cuanto al sexo. Las personas mayores realizan menos ejercicio. La presencia de sobrepeso u obesidad era muy elevada en la población, aunque menor en las personas que hacían ejercicio (71,43 % frente al 81,43 %). Las personas que realizaban actividad física fumaban menos, pero el consumo de alcohol fue mayor.

Se encontró una relación inversa significativa con los niveles de colesterol LDL (108,06 frente a 125,63, $p < 0,05$; IC 95 %; 1,48 - 33,67) y con la

filtración glomerular (100,6 frente a 83,94, $p < 0,05$; IC 95% - 29,25, - 4,07). No se encontró relación significativa con las otras variables estudiadas.

Conclusiones

El 20,08 % de las personas estudiadas declararon realizar actividad física. El perfil de la persona que realiza actividad física es una persona menor de 64 años, con un consumo menor de tabaco, pero mayor de alcohol, con niveles de colesterol LDL más bajos y una mejor función renal.

Es recomendable potenciar la realización de actividad física en la población mayor de 64 años, así como la replicación del estudio en otros municipios rurales para reforzar los datos obtenidos

7. CONTROL MÉDICO-DEPORTIVO DE LA SALUD DE UN CICLISTA CON NEUTROPENIA CÍCLICA

C. García-Antúnez, R. A. Centeno-Prada y J. D. Beas-Jiménez

Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla. España.

Introducción

La neutropenia cíclica es una enfermedad congénita, en la que de forma aislada se produce el descenso de las cifras de neutrófilos por debajo de 500/mm³ periódicamente cada 3 - 4 semanas, con una duración de 3 a 5 días, durante meses o años. El cuadro clínico habitual es de episodios de fiebre, infecciones orofaríngeas, respiratorias o cutáneas. El riesgo de infección es inversamente proporcional al recuento absoluto de neutrófilos y su reserva medular.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es mostrar como un joven ciclista *amateur*, diagnosticado de neutropenia cíclica, puede practicar su deporte sin perjuicio para la salud, gracias al asesoramiento médico-deportivo multidisciplinar.

Método

Para ello se realizó un reconocimiento médico-deportivo exhaustivo a fin de conocer su condición física, y una prueba de esfuerzo ventilatoria para determinar las cargas y el ritmo de entrenamiento adecuados. Así mismo se prescribieron suplementos deportivos encaminados a reforzar el sistema inmune y compensar el gasto calórico. Se contó con la coordinación de un equipo interdisciplinar: especialista en medicina de la educación física y el deporte, hematólogo, médico de atención primaria y licenciado en ciencias de la actividad física y el deporte.

Resultados

Después de 12 meses de seguimiento encontramos, a nivel clínico, disminución del número de episodios infecciosos, mayor dilatación en el tiempo de las revisiones especializadas y sensación subjetiva de bienestar físico y anímico. Hematológicamente, se documentaron recuentos analíticos de 970 neutrófilos/mm³ en la primera visita, 496/mm³ en la

segunda, 990/mm³ en la tercera y 4180/mm³ en la última. El comportamiento del rendimiento puede observarse en la siguiente tabla:

| | Pot. Umb (vat) | VO ₂ Umb (ml/kg/ min) | FC Umb (spm) | PAM (vat) | VO ₂ máx (ml/kg/ min) | % Umb VO ₂ |
|--------------|-------------------|--|-----------------|--------------|--|--------------------------|
| 06-nov-12 | 120 | 38,10 | 157 | 200 | 54,20 | 70 % |
| 29-oct-13 | 160 | 42,90 | 160 | 240 | 58,20 | 74 % |
| % Diferencia | 33 % | 13 % | 2 % | 20 % | 7 % | 3 % |

Pot. Umb (vat): potencia en el umbral expresada en vatios; VO₂Umb (ml/kg/min): consumo de oxígeno relativo en el umbral expresado en ml/kg/min; FC Umb (spm): frecuencia cardíaca en el umbral expresada en sístoles por minuto; PAM (vat): potencia aeróbica máxima expresada en vatios; VO₂ máx (ml/kg/min): consumo máximo de oxígeno expresado en ml/kg/min; % Umb VO₂: porcentaje del consumo máximo de oxígeno en el umbral.

Conclusiones

- 1) El reconocimiento médico-deportivo permite evaluar el estado de salud del deportista y adecuar individualmente la prescripción de ejercicio.
- 2) La adaptación de las cargas de esfuerzo permite practicar deporte sin menoscabo para la salud y mejorar el rendimiento.
- 3) El trabajo multidisciplinar proporciona una asistencia más adecuada y eficaz para realizar deporte con salud.

8. BENEFICIOS DEL PILATES MAT, PROPIOCEPCIÓN Y FUERZA MUSCULAR EN LA MIASTENIA GRAVIS

B. Fernández Santos^a y J. D. Beas-Jiménez^b

^aRemake Pilates. Madrid. España.

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

Introducción

La miastenia gravis (MG) es una enfermedad neuromuscular crónica, caracterizada por producir cuadros de debilidad variable. Se presenta con pérdida progresiva de fuerza, que se recupera con el descanso y reaparece al iniciar la actividad física. Su causa es el bloqueo, interferencia o destrucción de los receptores de acetilcolina de la unión neuromuscular por auto-anticuerpos, lo cual impide o dificulta la contracción músculo-esquelética. Se exponen los efectos de un programa de ejercicio físico (baja intensidad, dos sesiones/semana, 4 semanas, consistentes en Pilates Mat, trabajo de fuerza y flexibilidad) en una paciente con MG.

Objetivos

Exponer los efectos de un programa de ejercicio en la capacidad funcional, percepción del estado de salud y tolerancia a la fatiga de una paciente con MG.

Método

Para el trabajo de fuerza en miembros superiores se utilizó banda elástica con dureza baja y para propiocepción pelota 100 % de FOAM de 16mm. El peso (Kg) y talla (cm) fueron registrados con: báscula con tallímetro modelo PS10. La frecuencia cardíaca (FC) fue tomada con pulsímetro; presión arterial (PA) (mm Hg): tensiómetro M2 BASIC. Temperatura y humedad ambientales recogidas con termómetro-higrómetro-barómetro-altímetro-cronómetro digital AT701-H®. La valoración funcional de la paciente se basó en la batería senior fitness test (Rikli R y

Jones J 2001). Se utilizó el test de caminata de seis minutos (6WTM), se midió la distancia recorrida mediante un podómetro modelo Dista Newfeel 100®. Dinamometría manual (kg): dinamómetro SH50008 Squeeze (precisión 100 g). Test flexibilidad: cinta antropométrica clase I CM040. Test fuerza: cronómetro modelo AT701-H®. Percepción del estado de salud: cuestionario de percepción del estado de salud y calidad de vida SF-36 validada para español.

Resultados

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

km: kilómetros; kg: kilogramos; MD: mano derecha; MI: mano izquierda; BD: brazo derecho; BI: brazo izquierdo; cm: centímetros.

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

Conclusiones

Un programa de ejercicio individualizado, de corta duración y baja intensidad, podría mejorar la capacidad funcional y la percepción del estado de salud de una paciente con MG.

9. BENEFICIOS DEL EJERCICIO AERÓBICO, CONSISTENTE EN NATACIÓN BRAZA Y FLEXIBILIDAD EN LA MIASTENIA GRAVIS. ESTUDIO DE UN CASO

B. Fernández Santos^a y J. D. Beas-Jiménez^b

^aRemake Pilates. Madrid. España.

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

Introducción

La miastenia gravis (MG) es una enfermedad neuromuscular crónica, que cursa con cuadros de pérdida variable de fuerza, que mejora con descanso y reaparece con la actividad física. Su causa es el bloqueo, interferencia o destrucción de los receptores de acetilcolina de la unión

neuromuscular por auto-anticuerpos, lo cual impide o dificulta la contracción músculo-esquelética. Se expone un caso clínico de los efectos de un programa de ejercicio aeróbico (natación y flexibilidad 2 sesiones/semana durante 4 semanas).

Objetivos

El objetivo de este estudio es exponer los efectos de un programa de ejercicio aeróbico, en la capacidad funcional, motora, percepción del estado de salud y tolerancia a la fatiga de una paciente con MG.

Método

El peso (Kg) y la talla (cm) fueron medidos con: báscula con tallímetro PS10®DINA. Frecuencia cardíaca: pulsímetro M22. Presión arterial (PA) (mm Hg): tensiómetro modelo M2 BASIC. Temperatura y humedad ambientales: termómetro-higrómetro-barómetro-altímetro-cronómetro digital AT701-H. La valoración funcional de la paciente se basó en la batería senior fitness test (Rikli R y Jones J 2001). Test de caminata seis minutos (6WTM), se midió la distancia recorrida mediante un podómetro Dista Newfeel 100. Dinamometría manual (kg): dinamómetro SH50008 Squeeze (precisión 100g). Test flexibilidad: cinta antropométrica clase I CM040. Fuerza tren inferior test sentadillas silla: cronómetro AT701-H. Percepción del estado de salud: cuestionario de percepción del estado de salud y calidad de vida SF-36 validada para español.

Resultados

| Test funcionales | Inicio | Fin |
|--|--------|-------|
| Test caminata 6 minutos (m) | 400 | 460 |
| Test sentadillas 30" (número sentadillas) | 13 | 16 |
| Fuerza resistencia mano derecha (kg) | 9,97 | 10,88 |
| Fuerza máxima mano derecha (kg) | 14,51 | 14,51 |
| Fuerza máxima mano izquierda (kg) | 12,70 | 11,79 |
| Fuerza resistencia mano izquierda (kg) | 8,16 | 8,16 |
| Flexibilidad brazo derecho (cm) | 2,00 | 2,50 |
| Flexibilidad brazo izquierdo (cm) | 2,50 | 3,50 |
| Flexibilidad extremidades inferiores (cm) | 1,00 | 2,00 |
| Valoración percepción estado de salud (SF-36®) | Inicio | Fin |
| Función física (puntos) | 50 | 55 |
| Dolor corporal (puntos) | 57,50 | 57,50 |
| Vitalidad (puntos) | 56,50 | 51,50 |
| Salud mental (puntos) | 92 | 92 |
| Rol físico | 0 | 0 |
| Salud general | 45,83 | 45,83 |
| Función social | 100 | 100 |
| Rol emocional | 100 | 100 |
| Valoración global test (puntos) | 62,72 | 62,72 |

Conclusiones

Un programa de ejercicio aeróbico individualizado, de corta duración y baja intensidad, consistente en natación a braza y flexibilidad, podría mejorar la capacidad funcional y tolerancia al ejercicio de una paciente con MG, mejorando su percepción de estado de salud y calidad de vida.

10. ENERGY AND MACRONUTRIENTS INTAKE OF AN ANDALUCIAN RACEWALKER (PÓSTER)

J.A. Latorre^a, M. Martínez-Bebia^a, P. Jimeno^a, C. Monteagudo^b, C. Campos^c, J.D. Beas-Jiménez^d, F. Olea-Serrano^b y M. Mariscal-Arcas^{a,b}

^aDepartamento de tecnología de los alimentos, nutrición y bromatología. Universidad de Murcia. Murcia. España.

^bGrupo de Investigación AGR255. Departamento de nutrición y bromatología. Universidad de Granada. Granada. España.

^cKinesiología. Ciencias de la Salud. Facultad de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Chile.

^dCentro Andaluz de Medicina del Deporte. Junta de Andalucía. Sevilla. España.

Introduction

Nutritional assessment in elite athletes is essential to avoid nutritional deficiencies linked to athletic performance. Many elite runners have low total body weights, being small in stature and lightly muscle. Most of them find that typical western diet does not provide sufficient energy race training. Energy needs also increase because of the elevated energy expenditure with physical activity carbohydrate intake after the session or race will ensure you meet carbohydrate needs before the next training session. Racewalkers are at a high risk of low iron status too. Many runners look like they eat adequate dietary iron but on closer examination, this can be mostly plant based iron food that are not well absorbed. It is also important to know your sweat losses and drink fluid accordingly fluid intake to ensure the replacement of water and electrolytes lost in sweat is important.

Objective

The aim of this study was to describe the diet of an andalucian's elite athlete (racewalker).

Method

Subject was 21yrs (male). Dates were collected during September 2013 using a specific Diet Register created by the research team for sportspeople. The food composition tables of the national "Alimentación y Salud" programme were used for the nutritional evaluation of reported data. SPSS 19.0 software was used for the statistical study.

Results

This study analyze five days diet of a racewalker and estimated mean of energy 2670.85 Kcal/d (SD: 299.80); 15.95 % from proteins, 33.71 % from carbohydrates and 50.35 % from lipids. SFA 34.11 %, MUFA 50.76 %, PUFA 15.23 %

Conclusions

The diet of this racewalker is generally moderate in terms of energy intake, according to data declared in the Dietetic Register. It would be important to study training, body composition, daily energy expenditure, ecc, to develop the nutritional requirements (energy, macro and micro-nutrients) for this population.

Acknowledgments

This work was supported by Nutritional Group of Andalusian Sport Medicine Association (SAMEDE).

11. EFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO DE ALTA INTENSIDAD MEDIDO A TRAVÉS DEL TEST COURSE NAVETTE EN ESTUDIANTES FÍSICAMENTE ACTIVAS DE LA CIUDAD DE PUERTO MONTT, CHILE

J. Christian Campos^a, F. Antonio López^a, B. Felipe Contreras^a, Z. Johana Pino^a, M. Mariscal-Arcas^{b,c} y L. J. Chiroso^d

^aUnidad Docente Asociada. Kinesiología. Ciencias de la Salud. Facultad de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Chile.

^bDepartamento de tecnología de los alimentos, nutrición y bromatología. Universidad de Murcia. Murcia. España.

^cGrupo de Investigación AGR255. Departamento de nutrición y bromatología. Universidad de Granada. Granada. España.

^dDepartamento de educación física y deportiva. Universidad de Granada. Granada. España.

Introducción

Se ha visto que el ejercicio físico agotador aumenta la producción de radicales libres (Davies et al., 1982; Sjödin et al., 1990; McArdle et al., 2005, 1999,) y estos pueden ser dañinos o no para el cuerpo generando algún desbalance oxidativo que puede impedir o generar eventos provocados por el estrés oxidativo.

Objetivos

Cuantificar los niveles de Glutacion (GSH) como marcador indirecto de estrés oxidativo a través de muestras sanguíneas, durante la realización del test Course Navette en estudiantes físicamente activas de la ciudad de Puerto Montt, Chile.

Método

Corresponde a una investigación descriptiva de tipo transversal, donde participaron N = 16 estudiantes con una edad $16 \pm 1,02$ años. Determinación de variables: concentración de GSH, test Course Navette. Toma de muestra sanguínea: como parte de este estudio se tomaron muestras de sangre total de todos los sujetos en los siguientes tiempos: Durante la evaluación inicial: antes y después de ser sometidos a un ejercicio físico agotador, para establecer una línea de referencia basal de estrés oxidativo en condiciones de reposo y de ejercicio físico intenso. Durante la evaluación final: antes y después de ser sometidos a un ejercicio físico agotador, para determinar estrés oxidativo. Análisis bioquímico de las muestras sanguíneas.

Resultados

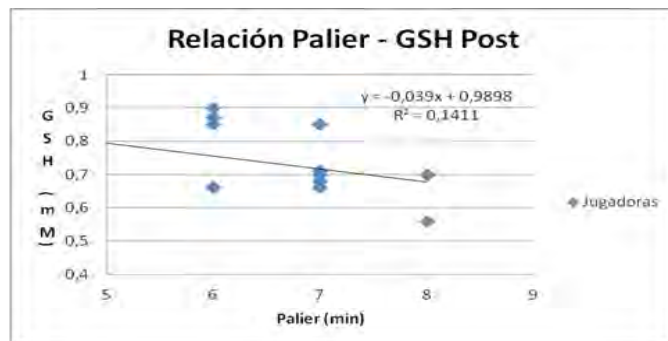


Fig. 1. Relación GSH y minutos alcanzados por las jugadoras en la prueba. En el gráfico se observa que las estudiantes físicamente activas que realizaron mayor tiempo la prueba muestran niveles de GSH menores.

Conclusiones

La duración e intensidad del ejercicio se relaciona directamente con la disminución de la GSH, aunque de manera poco significativa en algunas de las jugadoras y por ende se infiere que estas producen mayor oxidativo.

12. ESTUDIO PILOTO SOBRE LA PREVALENCIA DEL DÉFICIT DE VITAMINA D EN ATLETAS DE LARGA DISTANCIA DE LA PROVINCIA DE SEVILLA

A. Aliaga Verdugo^a, A. Trabadelo Almagro^a, B. Pineda Navarro^a y J. D. Beas-Jiménez^b

^aHospital Quirón Sagrado Corazón. Sevilla. España.

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

Introducción

La vitamina D, hormona obtenida a través de la síntesis cutánea y la ingesta dietética, ejerce su acción sobre diversos tejidos, entre ellos el músculo. En la actualidad conocemos que existe una alta prevalencia de déficit de vitamina D en la población general, incluyendo a los deportistas. Este déficit repercute sobre la salud del sistema musculoesquelético pudiendo condicionar lesiones musculares, fracturas de estrés y mermas en el rendimiento físico. La principal causa parece ser una inadecuada exposición solar.

Conociendo el estatus de vitamina D de nuestros deportistas, los médicos del deporte podrían indicar una adecuada exposición solar o suplementación de vitamina D en aquellos que mostrasen déficit o insuficiencia, y con ello alcanzar niveles de vitamina D óptimos que les hiciesen más competitivos.

Objetivos

- 1) Determinar la prevalencia del déficit de vitamina D en corredores de larga distancia en la provincia de Sevilla.
- 2) Evaluar posibles relaciones entre los niveles de 25 hidroxivitamina D y los parámetros estudiados relacionados con la ingesta dietética de vitamina D, la exposición a la radiación solar y el grado de actividad física de los participantes.

Método

Se trata de un estudio observacional analítico transversal. La población era un grupo de atletas de larga distancia (n = 4) y grupo control (n = 3). Criterios de inclusión: varones, 30 - 40 años; ausencia de enfermedades crónicas; criterios de exclusión: usuarios de cabinas de rayos UV, estancia en el último mes en una región con diferente tasa de exposición solar que Sevilla, uso de suplementos de vitamina D. Método: determinación plasmática de 25OH vitamina D en el mes de octubre (tras meses estivales) y evaluación de parámetros analíticos/clínicos relacionados con niveles de 25OH vitamina D. Clasificación: déficit severo (< 10 ng/dl), déficit (10 - 20 ng/dl), insuficiencia (20 - 30 ng/dl) y suficiencia (> 30 mg/dl). Análisis estadístico: software Microsoft Excel.

Resultados

El 100 % de los individuos presentaba niveles de vitamina D en rango de suficiencia, siendo los valores de 25OHvitD mayores en el grupo de atletas. Ambos grupos fueron muy homogéneos en cuanto a los factores relacionados con los niveles plasmáticos de 25OH vitamina D salvo en el grado de exposición solar derivado de su profesión, grado de actividad física e ingesta dietética de vitamina D, mayores en el grupo de atletas. Dada la pequeña n muestral no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas.

Conclusiones

- 1) Los atletas de larga distancia en la provincia de Sevilla no presentan déficit de vitamina D tras los meses de verano.
- 2) La alta tasa de exposición solar durante esos meses y la ausencia de medidas de protección solar al respecto condicionan estos resultados a pesar de una ingesta dietética deficiente de vitamina D. No se han podido establecer relaciones estadísticamente significativas entre los niveles plasmáticos de vitamina D y el grado de actividad física.

13. NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA, ADHERENCIA A LA DIETA MEDITERRÁNEA Y RIESGO CARDIOVASCULAR EN PACIENTES CON SÍNDROME DE CUSHING CURADOS

B. Pineda Navarro, A. Aliaga Verdugo, A. I. Álvarez Ríos, A. Madrazo Atutxa, A. León Justel y J.A. Guerra de Hoyos

Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla. España.

Introducción

El síndrome de Cushing endógeno es una enfermedad rara, con una incidencia de 2 a 4 casos por millón de habitantes y año. Los pacientes que han padecido síndrome de Cushing, ya sea de origen hipofisario o suprarrenal, presentan un riesgo cardiovascular aumentado para su edad, relacionado con el hipercortisolismo y el deterioro metabólico secundario. En la actualidad se propone el desarrollo de programas de actividad física y una mejora de los hábitos alimentarios como pilares fundamentales en el mantenimiento de un estilo de vida cardiosaludable.

Objetivos

Evaluar el nivel de actividad física y la adherencia a la dieta mediterránea de estos pacientes con síndrome de Cushing curados, así como determinar el nivel de riesgo cardiovascular que presentan.

Método

Se realiza un estudio transversal, descriptivo, de 15 pacientes con síndrome de Cushing curados. Se utilizaron las tablas de Framingham por categorías (Wilson) para la evaluación de riesgo cardiovascular, así como el Cuestionario Internacional de Actividad Física, IPAQ en su versión corta, para el nivel de actividad física y el cuestionario de adherencia a la dieta mediterránea para valoración de los hábitos alimentarios.

Resultados

La población de estudio estuvo compuesta por 15 pacientes, el 86,7 % fueron mujeres; el 80 % se clasificaron con un nivel de actividad física moderado-alto; el 73 % obtuvo un riesgo de sufrir un evento cardiovascular a 10 años inferior al 5 %; y el 60 % obtuvo una puntuación acorde con una mala adherencia a la dieta mediterránea.

Conclusiones

No se encontró asociación estadísticamente significativa entre el nivel de actividad física y el seguimiento de una dieta mediterránea con el riesgo cardiovascular en los pacientes de este estudio. No obstante, se observa cierta tendencia a que un mayor nivel de actividad física y el seguimiento de una dieta mediterránea disminuyen el riesgo cardiovascular, por lo que sería interesante poder ampliar el tamaño de la muestra e incluso plantear la realización de estudios de intervención a largo plazo.

Te sientes bien. Te diviertes.

Te realizas. Te olvidas del resto y, sobre todo, te da vida.

¿Por qué no te animas a practicarlo?

A silhouette of a hiker stands on a mountain peak, holding a trekking pole. The background is a bright sky with colorful bokeh circles in shades of green, yellow, and orange. The hiker is wearing a cap, a backpack, and shorts.

**Deporte
de por
vida**

andalucía,

A stylized logo for 'Andalucía' featuring a white mountain silhouette and the word 'Andalucía' in a colorful, multi-colored font.

Andalucía

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

ALMERÍA

c/ Isla de Fuerteventura, s/n
04071 (Almería)
Teléfono: 950 884 039
Fax: 955 540 623
camd.almeria.ccd@juntadeandalucia.es

CÁDIZ

Complejo Deportivo Bahía Sur
(Paseo Virgen del Carmen, s/n)
11100, San Fernando (Cádiz)
Teléfono: 956 902 270
Fax: 955 540 623
camd.cadiz.ccd@juntadeandalucia.es

CÓRDOBA

Inst. Deportivas Munic. Vista Alegre
(Plaza Vista Alegre, s/n)
14071 (Córdoba)
Teléfono: 957 743 007
Fax: 955 540 623
camd.cordoba.ccd@juntadeandalucia.es

GRANADA

Hospital San Juan de Dios
(San Juan de Dios, s/n)
18071, Granada
Teléfono: 958 980 018
Fax: 955 540 623
camd.granada.ccd@juntadeandalucia.es

HUELVA

Ciudad Deportiva de Huelva
(Avda. Manuel Siurot, s/n)
21071, Huelva
Teléfono: 959 076 073
Fax: 955 540 623
camd.huelva.ccd@juntadeandalucia.es

JAÉN

Ctra. Madrid, 23
(esq. c/ Ana María Noguerras s/n)
23009 (Jaén)
Teléfono: 953 362 086
Fax: 955 540 623
camd.jaen.ccd@juntadeandalucia.es

MÁLAGA

Inst. Deportivas de Carranque
(Avda. Santa Rosa de Lima, s/n)
29071, Málaga
Teléfono: 951 917 029
Fax: 955 540 623
camd.malaga.ccd@juntadeandalucia.es

SEVILLA

Glorieta Beatriz Manchón, s/n
(Isla de la Cartuja)
41092, Sevilla
Teléfono: 955 540 186
Fax: 955 540 623
camd.sevilla.ccd@juntadeandalucia.es



JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE
Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Sierra Nevada nieve, sol y mucho



Esta temporada en Sierra Nevada, **más** zona para principiantes, **más** remontes, **más** nieve producida, **más** servicios de pistas, **más** half-pipe, **más** Superparque Sulayr, **más** diversión, **más** gastronomía, **más** experiencias para familias y estudiantes, **más** pre-esquí, **más** deporte, **más** emoción. Mucho **más** que una Estación, es tu destino preferido.



sierranevada.es

902 70 80 90



JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE

CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

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

Teléfono
600 147 638

Fax
955 40 623

e-mail
ramd.ccd@juntadeandalucia.es