

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 6 Número. 3

Septiembre 2013



RAMD

Originales

Effects of training in physical fitness and body composition of the brazilian 5-a-side football team

Motor performance and habitual physical activity in individuals with Parkinson's disease

El procesado del desplazamiento del centro de presiones para el estudio de la relación complejidad/rendimiento observada en el control postural en bipedestación

O uso da maturação somática na identificação morfofuncional em jovens jogadores de futebol

O nível de condicionamento físico afeta a magnitude da carga interna de treinamento em jovens jogadores de basquetebol?

Revisión

Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia

ISSN: 1888-7546

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

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

ALMERÍA

c/ Isla de Fuerteventura, s/n
04071 (Almería)
Teléfono: 950 17 52 30
Fax: 950 17 52 35
camd.almeria.ccd@juntadeandalucia.es

CÁDIZ

Complejo Deportivo Bahía Sur
(Paseo Virgen del Carmen, s/n)
11100, San Fernando (Cádiz)
Teléfono: 956 20 31 30
Fax: 956 20 31 31
camd.cadiz.ccd@juntadeandalucia.es

CÓRDOBA

Inst. Deportivas Munic. Vista Alegre
(Plaza Vista Alegre, s/n)
14071 (Córdoba)
Teléfono: 957 35 51 85
Fax: 957 35 51 88
camd.cordoba.ccd@juntadeandalucia.es

GRANADA

Hospital San Juan de Dios
(San Juan de Dios, s/n)
18071, Granada
Teléfono y Fax: 958 29 14 26
camd.granada.ccd@juntadeandalucia.es

HUELVA

Ciudad Deportiva de Huelva
(Avda. Manuel Siurot, s/n)
21071, Huelva
Teléfono: 959 01 59 12
Fax: 959 01 59 15
camd.huelva.ccd@juntadeandalucia.es

JAÉN

Ctra. Madrid, 23
(esq. c/ Ana María Noguerras s/n)
23009 (Jaén)
Teléfono: 953 36 20 86
Fax: 953 36 20 90
camd.jaen.ccd@juntadeandalucia.es

MÁLAGA

Inst. Deportivas de Carranque
(Avda. Santa Rosa de Lima, s/n)
29071, Málaga
Teléfono: 951 03 57 30
Fax: 951 03 57 32
camd.malaga.ccd@juntadeandalucia.es

SEVILLA

Glorieta Beatriz Manchón, s/n
(Isla de la Cartuja)
41092, Sevilla
Teléfono: 955 06 20 25
Fax: 955 06 20 34
camd.sevilla.ccd@juntadeandalucia.es



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE
Centro Andaluz de Medicina del Deporte

www.juntadeandalucia.es/culturaydeporte/camd

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Edita

Centro Andaluz de Medicina del Deporte.
Consejería de 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 Foulk
(University of Washington, USA)

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

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

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

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

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

José Naranjo Orellana
(Universidad Pablo Olavide, España)

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

Fátima Olea Serrano
(Universidad de Granada, España)

Juan Ribas Serna
(Universidad de Sevilla, España)

Jesús Rodríguez Huertas
(Universidad de Granada, España)

Nick Stergiou
(University of Nebraska, USA)

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

Carlos Ugrinowitsch
(Universidade de São Paulo, Brasil)

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)

João Carlos Bouzas
(Universidade Federal de Viçosa, 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)

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)

Mikel Izquierdo
(CEIMD. Gobierno de Navarra, España)

José Carlos Jaenes
(Universidad Pablo Olavide, España)

David Jiménez Pavón
(Universidad de Zaragoza, España)

Carlos Lago Peñas
(Universidad de Vigo, España)

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

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)

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

Equipos Pruebas de Esfuerzo, Isocinéticos y Ondas de choque

SANRO
electromedicina

Pruebas de Esfuerzo Última Cardio2



Medical Graphics le ofrece el equipo más versátil y completo para Pruebas de Esfuerzo, Última 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

Volumen 6 Número 3

Septiembre 2013

Sumario

Originales

- 91 Effects of training in physical fitness and body composition of the brazilian 5-a-side football team
L. F. Castelli Correia de Campos, A. de Athayde Costa e Silva, L. G. Teixeira Fabrício dos Santos, L. Trevisan Costa, P. C. Montagner, J. P. Borin, P. Ferreira de Araújo and J. Irineu Gorla
- 96 Motor performance and habitual physical activity in individuals with Parkinson's disease
A. V. Guimarães and A. R. Barbosa
- 101 El procesado del desplazamiento del centro de presiones para el estudio de la relación complejidad/rendimiento observada en el control postural en bipedestación
C. Caballero, D. Barbado y F. J. Moreno
- 108 O uso da maturação somática na identificação morfofuncional em jovens jogadores de futebol
A. L. Mortatti, R. C. Honorato, A. Moreira e M. de Arruda
- 115 O nível de condicionamento físico afeta a magnitude da carga interna de treinamento em jovens jogadores de basquetebol?
P. R. Marcelino, A. F. S. de Arruda, R. de Oliveira, M. Saldanha Aoki, C. G. Freitas e A. Moreira

Revisión

- 120 Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia
F. Ayala, P. Sainz de Baranda, A. Cejudo y F. Santonja

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

Volume 6 Number 3

September 2013

Contents

Original Articles

- 91 Effects of training in physical fitness and body composition of the brazilian 5-a-side football team
L. F. Castelli Correia de Campos, A. de Athayde Costa e Silva, L. G. Teixeira Fabrício dos Santos, L. Trevisan Costa, P. C. Montagner, J. P. Borin, P. Ferreira de Araújo e J. Irineu Gorla
- 96 Motor performance and habitual physical activity in individuals with Parkinson's disease
A. V. Guimarães and A. R. Barbosa
- 101 Center of pressure preprocessing methods to analyze complexity/ performance relation in quiet standing
C. Caballero, D. Barbado and F. J. Moreno
- 108 The use of somatic maturation in the morphofunctional identification in young soccer players
A. L. Mortatti, R. C. Honorato, A. Moreira and M. de Arruda
- 115 Does the level of fitness affect the magnitude of internal training load response in young basketball players?
P. R. Marcelino, A. F. S. de Arruda, R. de Oliveira, M. Saldanha Aoki, C. G. Freitas and A. Moreira

Review Article

- 120 Angular tests for estimating hamstring flexibility: description of their measurement method and reference values
F. Ayala, P. Sainz de Baranda, A. Cejudo and F. Santonja

Traumeel[®]S

Potente contra la inflamación, delicado con los pacientes

Traumeel[®]S: eficacia probada en pacientes con lesiones musculoesqueléticas e inflamación



**Eficaz,
rápido y
seguro**

- Traumeel[®]S es un tratamiento eficaz en las lesiones musculoesqueléticas y la inflamación en pacientes de todas las edades ^{1,2}
- Traumeel[®]S ha demostrado muy buena tolerabilidad, sin los efectos secundarios de los AINE ^{3,4,5}
- Traumeel[®]S está disponible en comprimidos, pomada o ampollas, lo que facilita el cumplimiento del tratamiento ⁴

Posología				
Presentación		Pomada	Comprimidos	Solución Inyectable (im, sc, iv, id, ia)
Administración y dosis*	Adultos	2-3 veces al día	1 comprimido 3 veces al día	1 ampolla al día en indicaciones agudas; en los demás casos, 1 ampolla de 1 a 3 veces a la semana
	Niños	2-3 veces al día	< 6 años 1-2 comprimidos al día	< 6 años la mitad de la dosis de adulto

*Para más información consultar la información técnica de producto

Referencias

1. Zell J et al. Behandlung von akuten Sprunggelenksdistorsionen: Doppelblindstudie zum Wirksamkeitsnachweis eines homöopathischen Salbenpräparats [Treatment of Acute Sprains of the Ankle: A Controlled Double-Blind Trial Test the Effectiveness of a Homeopathic Preparation]. Fortschr Med. 1988;106(5):96-100. English translation available in: Biol Ther. 1989; VII(1):1-6.
2. Orizola AJ et al. The Efficacy of Traumeel S Versus Diclofenac And Placebo Ointment in Tendinous Pain in Elite Athletes. A Randomized Controlled Trial. Med Sci Sports Med Exerc. 2007;30(5, Suppl.):S79, abstract 858.
3. Birnesser H et al. The Homeopathic Preparation Traumeel S Compared with NSAIDs for Symptomatic Treatment of Epicondylitis. J Musculoskeletal Research. 2004;2/3(8):119-128.
4. Data on file. Biologische Heilmittel Heel GmbH.
5. Arora S et al. Clinical Safety of a Homeopathic Preparation. Biomed Ther. 2000;XVIII(2):222-225.
6. Porozov S et al. Inhibition of IL-1 β and TNF- α Secretion from Resting and Activated Human Immunocytes by the Homeopathic Medication Traumeel S. Clin Dev Immunol. 2004; 11(2):143-149.



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

Effects of training in physical fitness and body composition of the Brazilian 5-a-side football team

L. F. Castelli Correia de Campos^{a,b}, A. de Athayde Costa e Silva^a, L. G. Teixeira Fabrício dos Santos^a, L. Trevisan Costa^a, P. C. Montagner^a, J. P. Borin^a, P. Ferreira de Araújo^a and J. Irineu Gorla^a

^aPhysical Education Faculty. Department of Studies on Adapted Physical Activity. Campinas State University/Unicamp. Campinas, SP, Brazil.

^bPhysical Education Faculty. Department of Sport Science. Campinas State University/Unicamp. Campinas, SP, Brazil.

ABSTRACT

History of the article:

Received August 21, 2012

Accepted June 12, 2013

Keywords:

Training.

Athletic performance.

Maximal oxygen consumption.

Paralympic sports.

Assessment.

Objective. The present study aimed to analyze the effect of 16 weeks of training on the parameters of physical fitness and body composition in athletes of the Brazilian 5-a-side football team.

Method. The sample consisted of six athletes – four outfield players with functional classification B1 and two goalkeepers without visual impairment –, all male, mean age of 27.33 ± 5.5 years. The athletes underwent two evaluations: before and after 16 weeks of training. We measured the levels of cardiorespiratory fitness through the 20m Shuttle Run and the anaerobic parameters through the Rast Test, while the subjects' body composition was assessed by anthropometric technique.

Results. Statistically significant ($p \leq 0.05$) levels were found for VO_{2peak} before ($44.7 \pm 4.7 \text{ ml} \cdot (\text{Kg} \cdot \text{min})^{-1}$) and after ($50.3 \pm 3.2 \text{ ml} \cdot (\text{Kg} \cdot \text{min})^{-1}$), for anaerobic parameters of Medium Power before ($442.8 \pm 47 \text{ W}$) and after ($491 \pm 72.9 \text{ W}$), Low Power before ($328.9 \pm 26.7 \text{ W}$) and after ($405.4 \pm 79.6 \text{ W}$) and for fatigue index before ($39.8 \pm 10.3\%$) and after ($29.2 \pm 12.7\%$).

Conclusion. The 16 weeks of training were enough to show significant improvements in the components of aerobic and anaerobic fitness of the Brazilian 5-a-side football team players; the same effect was not observed in the indicators of body composition.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Palabras clave:

Entrenamiento.

Rendimiento deportivo.

Consumo máximo de oxígeno.

Deporte paralímpico

Evaluación.

RESUMEN

Efectos del entrenamiento en la aptitud física y composición corporal de atletas de fútbol 5 de la selección brasileña

Objetivo. El presente estudio tiene por objetivo analizar el efecto de 16 semanas de entrenamiento en los parámetros de la condición física y la composición corporal en atletas del equipo de fútbol 5 de la selección brasileña.

Método. La muestra estuvo formada por seis atletas, cuatro jugadores de campo con la clasificación funcional B1 y dos porteros sin discapacidad visual, con una media de edad de $27,3 \pm 5,5$ años. Los atletas realizaron dos evaluaciones: antes y después de 16 semanas de entrenamiento. Se midieron los niveles de la capacidad cardiorrespiratoria a través de la realización del test de Shuttle Run 20m y las variables anaeróbicas a través del Rast Test, mientras que la medición de la composición corporal de los sujetos se realizó mediante la técnica antropométrica doblemente indirecta.

Resultados. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los niveles de VO_{2pico} previos ($44,7 \pm 4,7 \text{ ml} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}$) y posteriores al entrenamiento ($50,3 \pm 3,2 \text{ ml} \cdot (\text{Kg} \cdot \text{min})^{-1}$). Los mismos resultados fueron observados en los valores de potencia media (pre = $442,8 \pm 47 \text{ W}$, post = $491 \pm 72,9 \text{ W}$), en la potencia mínima (pre = $328,9 \pm 26,7 \text{ W}$, post = $405,4 \pm 79,6 \text{ W}$) y en el índice de fatiga (pre = $39,8 \pm 10,3\%$, post = $29,2 \pm 12,7\%$).

Conclusión. Las 16 semanas de entrenamiento fueron suficientes para demostrar mejoras significativas en la condición física de los jugadores del equipo de fútbol 5 de la selección brasileña, sin embargo, no se obtuvieron los mismos efectos en los indicadores de la composición corporal.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondence:

L. F. Castelli Correia de Campos.

Faculdade de Educação Física/UNICAMP.

Av. Erico Verissimo, 701.

Cidade Universitária, CEP. 13083-851

Campinas, SP, Brasil.

E-mail: pfluisfelipe@gmail.com

INTRODUCTION

Visual impairment is a term that refers to the total or partial loss of eyesight related ocular pathologies, leading the individual to a limitation in their visual performance¹. It is considered as blind the individual who has total lack of vision, or who is unable to recognize a light directed into the eye itself, preventing them from performing any work.

With regard to the prevalence of this particular condition, WHO estimated that, in 2002, the world had at least 40 million people under this condition and it is estimated that by 2020 that number will reach 76 million due to the lack of actions to prevent blindness^{2,3}. Among the main features inherent to visual impairment there are: the difficulty of dynamic and static balance, poor posture, deficient motor coordination, impaired mobility and gait and inappropriate muscle tone, resulting in less ability to perform tasks⁴.

In this context, sport can be used as a method to reduce and overcome these disadvantages. Five-a-side football is one of the Paralympic modalities for people with visual impairment. Its practice began in the mid-1920s in specialized schools and institutes for the blind in Spain⁵. In Brazil, there are reports of this practice since the 1950s, also in specialized schools and institutes^{6,7}.

This method is practiced by athletes with visual classification B1, following the official rules proposed by the International Blind Sport Association - IBSA. However, the rules are based on conventional Futsal with some adjustments to provide greater dynamism in the sport, for example: side barriers, balls bearings and goalkeepers without visual impairment (IBSA, 2012). Furthermore, it is believed that the game features are also similar to the conventional futsal, such as the intense physiological, metabolic and bone-muscle use, with manifestations of different volumes and strengths by position⁸.

However, there are no known studies evaluating the effects of training on the physical fitness and body composition of 5-a-side football athletes. Thus, the aim of this study was to analyze the effect of 16 weeks of training on motor and anthropometric variables in athletes of the Brazilian 5-a-side football team.

METHODS

Sample

This study presents a longitudinal design and quasi-experimental nature, as the study design is related to the manipulation of at least one independent variable to observe its effect and relationship with other dependent variants on intact groups (groups formed before the intervention)^{9,10}.

The sample, selected for convenience, was composed of six male athletes of the Brazilian 5-a-side football team with mean age of 27.33 ± 5.5 years. From them, 4 were outfield players diagnosed with congenital glaucoma and categorized as B1, in accordance with the ophthalmologic classification of IBSA⁵, and 2 goalkeepers were without visual impairment. Athletes have practiced the modality for over 5 years and integrate the major national teams in this sport. As exclusion criteria, any athlete who presented clinical evidence of cardiac or orthopedic changes would be excluded from the sample (table 1).

The study followed the guidelines and regulations governing research on humans (law 196/96). Thus, after being clarified the purpose of the research and the procedures to which athletes would be submitted, all of them signed an informed consent form approved by the research ethics committee of the School of Medical Sciences of UNICAMP, protocol 550/2011.

Training regime

The athletes underwent 16 weeks of training, a preparatory period (general and specific), consisting of 10 weekly sessions - five sessions in the morning and five sessions in the afternoon - with an average duration of approximately 60 minutes in the morning and 90 minutes in the afternoon, amounting an average working week of 12.5 hours, amounting a volume of 12,000 minutes in 160 sessions. And, during the training program, the athletes did not participate in any sports competition and the frequency of athletes regarding the training sessions was above 90%. All trainings had the standard procedure of performing first stretching and then overall muscle warming and ultimately the training session pre-established by the coaching staff.

Regarding the content of the training, due to the possibility of the preparation of athletes with a more extensive calendar than that commonly experienced in conventional collective modalities, we opted for the traditional Matveev's method¹¹. According to the author, the preparatory period comprises the phases: general and specific. Thus, the training was planned in two stages: in the first one (the general phase), the athletes were subjected to predominantly aerobic and muscle strength exercises, providing the necessary adjustments to conduct specific training. And the second one (the specific phase) was prepared with increasing stimulus intensity and a significant decrease in the volume of training, closer to the reality experienced during official games, focusing on interval aerobic work and speed drills with active recovery.

Body composition

We collected the anthropometric variables of: body mass (BM), in digital scale, brand PLENA, model Acqua®, with reading of 100g; body height,

Table 1
Characterization of subjects

Subjects	Age (years)	Position	IT (years)	Cause	Height (m)	BM1 (Kg)	BM2 (Kg)
A	22	Goalkeeper	-	-	1.84	82	82.3
B	35	Goalkeeper	-	-	1.77	87.3	84.6
C	28	Winger	Congenital	Glaucoma	1.61	69	67.5
D	29	Defender	Congenital	Glaucoma	1.71	70.8	73.4
E	30	Pivot	Congenital	Glaucoma	1.75	82	83.4
F	20	Winger	Congenital	Glaucoma	1.64	69	65.8
Mean	27.33	-	-	-	1.72	76.68	76.17
SD	5.50	-	-	-	0.09	8.02	8.38

IT: injury time; BM: bBody mass before and after the test.

Table 2

Behavior of the anthropometric variables and body composition indicators before and after 16 weeks of training

	Before			After			Δ%
	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	
BMI (Kg/m²)	27.87	24.2	26 ± 1.32	27.2	24.3	25.69 ± 1.37	-1.19
%BF	25.74	12.36	16.84 ± 4.97	21.96	10.92	15.96 ± 4.54	-5.22
FM (Kg)	22.47	8.53	13.28 ± 5.25	18.58	7.37	12.46 ± 4.75	-6.17
FFM (Kg)	67.62	60.25	63.81 ± 3.23	69.7	60.13	64.87 ± 3.67	1.66
Endomorphy	6.5	3.7	4.7 ± 1.04	6.2	3.2	4.7 ± 1.17	-
Mesomorphy	6.5	3.8	5.1 ± 0.95	6.5	3.7	5.1 ± 0.93	-
Ectomorphy	2.4	0.5	1.15 ± 0.67	2.4	0.7	1.25 ± 0.60	8.7

BMI: body mass index; %BF: body fat percentage; FM: fat mass; FFM: free-fat mass; Min.: minimum; Max.: maximum; Δ%: percentage difference between the moments before and after. *statistical difference $p \leq 0.05$.

by wall mounted stadiometer (WCS) with reading scale of 0.1 cm; thickness of seven skinfolds (chest, middle axillary, triceps, subscapular, abdominal, suprailiac and thigh) with the use of skinfold Harpenden® (Harpenden Instruments, Marsden, UK); and breadths of the humerus and femur with the 15 cm caliper Cardiomed® with 0.1 cm precision.

From these data, we calculated the body density of athletes using the equation proposed by Jackson and Pollock¹² of 7 skinfolds and the estimated of body fat percentage (%BF) from the equation proposed by Siri¹³. The somatotype profile of the athletes was performed according to the method and procedures proposed by Hebbelink et al.¹⁴ and Carter¹⁵. We also calculated the values of fat mass (FM), by calculating $FM = (\%BF \times BM)/100$ and fat-free mass (FFM) by subtracting the BM by FM.

To minimize the standard error in the measurement of measures, all of them were performed by the same evaluator with extensive experience in the measurement procedure.

Physical fitness

The physical fitness variables were obtained through the Shuttle Run test validated for adult males¹⁶. For the test, the athlete was initially oriented on the procedure to be performed. The test was developed in field with synthetic grass and 40 x 20m in size (same training site of the team). The path was defined in 20m where the athlete should go through with the speed pre-set by beep, which showed increased velocity parallel to the increase in the number of stages completed^{17,18}. The test was stopped when the athlete could not reach the line marked at the end of the path 2 consecutive times before the beep. The peak oxygen consumption (VO_{2peak}) was obtained by the equation $y = -24.4 + 6 \cdot (\text{stage})^{17,18}$. Anaerobic Power (AP) was assessed using the Rast Test, whose protocol and validity was prepared by Zacharogiannis, Paradisis, Tziortzis¹⁹. The Fatigue Index (Rast Test) was calculated by adding the total time of sprints performed with the value of maximum and minimum power ($FI = (P_{max} - P_{min}) / \text{total time of 6 sprints}$)¹⁹.

In both tests, familiarization occurred during the training process, in which the protocols were performed where appropriate during the training sessions. As adjustment for people with visual impairments, we assigned two investigators distanced approximately five meters from the ends of the paths in order to guide the athlete through beep, allowing the athlete to straightforward perform the trajectory and to avoid any overexertion after completing the predetermined route.

Data analysis

Initially, we performed the descriptive statistics of mean, standard deviation, minimum, maximum and percentage difference between

moments, anthropometric variables, body composition and physical fitness. Then, we verified the normality of the data by the Shapiro-Wilk test and the coefficient of skewness and kurtosis for greater reliability. To analyze the difference between the moments, we used the Wilcoxon test due to the small sample size.

The procedures were performed using the statistical package R-plus®2.11, with a significance level of $p \leq 0.05$.

RESULTS

The anthropometric values are shown in table 2. We observed that there was no significant difference ($p \leq 0.05$) between the absolute values of body mass compared before (77.08 ± 7.73 kg) and after (76.16 ± 8.38 kg) tests. The same behavior was observed in relation to the BMI values, which initially were 26 ± 1.32 Kg/m² and afterwards 25.69 ± 1.37 Kg/m².

Regarding the components of body composition, there were no statistically significant differences for the mean values of body fat percentage before ($16.84 \pm 4.97\%$) and after ($15.96 \pm 4.54\%$) and fat-free mass before (63.81 ± 3.23 Kg) and after (64.87 ± 3.67 Kg).

The somatotype body ratings obtained at the beginning of the training were similar to those from the final evaluation. Even though the somatotype values present a tendency to maintain mesomorph, endomorph reduction and increased ectomorphy, the ratings remained unchanged when compared before and after the test, with two athletes classified as meso-endomorphs, four as endo-mesomorph and one as endomorph-mesomorph.

Regarding physical fitness (table 3), we observed statistically significant differences for all variables. We found that the main significant differences found after training were related to the mean values of VO_{2peak} , which at first was 44.7 ± 4.71 ml.(kg.min)⁻¹ and then after 50.3 ± 3.28 ml.(kg.min)⁻¹, and to the numbers of laps performed, which had, at first, the average of 50.17 ± 15.07 and then, after training, of 68.3 ± 11.3 laps.

We also observed positive effect of training on the anaerobic parameters of minimum, average and maximum power, showing an increase of 23.25%, 11.08% and 3.5%, respectively. Therefore, the fatigue index decreased by 26.6%, and we can note a statistical difference between the means for before and after training.

DISCUSSION

Physical training can cause significant changes in the parameters of body composition, especially in body fat and lean mass, thus being an

Table 3
Behavior of the physical fitness variables after 16 weeks of training

	Before			After			Δ%
	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	
# Laps	76	31	50.17 ± 15.07*	91	60	68.3 ± 11.3*	36.13
VO _{2peak} (ml.kg.min)	52.7	38.6	44.7 ± 4.71*	56.9	47.9	50.3 ± 3.28*	12.52
Pmin (W)	360.3	292.8	328.9 ± 26.7*	508.8	267.7	405.4 ± 79.66*	23.25
Pmean (W)	513.6	382.3	442.8 ± 47*	627.7	422.2	491 ± 72.9*	11.08
Pmax (W)	690.2	437.7	556.6 ± 86.7	746.8	495.9	576.6 ± 88.3	3.5
FI (%)	51.18	25.29	39.8 ± 10.3*	53.6	18.5	29.2 ± 12.79*	-26.6

Laps: number of laps; Min.: Minimum; Max.: maximum; Pmin: minimum power; Pmean: mean power; Pmax: maximum power; FI: fatigue index; Δ%: percentage difference between the moments before and after.

*statistical difference $p \leq 0.05$.

important factor in the regulation and maintenance of body mass. If, on one hand, the anabolic effects of physical training induce an increase in lean mass, on the other hand, the relative body fat tends to undergo reduction²⁰.

In this study, we analyzed the relationship between training and anthropometric variables. Despite a slight reduction in the percentage value of body fat and absolute fat and increased levels of fat-free mass, we did observe no statistically significant differences. This fact may be associated with the sample having an history of elite sport practice for a long period, suggesting that, if there was a control group of subjects who did not exercise, significant differences would be noticed.

Regarding physical fitness, 5-a-side football requires, from the athletes, high levels of aerobic and anaerobic conditioning due to quick changes of direction, sudden stops, technical efforts and rapid recovery, to be able to be in shape for the next intense stimulation. In this sense, studies show that exercise training provides morphological and biochemical changes that increase muscle mass, strength development and endurance^{21,22}.

When comparing the values before and after the tests, there was significant improvement in the test results used as indicators of aerobic capacity and anaerobic parameters. This may influence the level of play of the athletes of the Brazilian team, as the characteristics of 5-a-side football matches are very similar to futsal, which require intense movement of participants generating a high energy expenditure, as well as an extremely high metabolic and neuromuscular request, showing that only the extensive technical skill is not a sufficient requirement for success in this modality²⁰.

These results show positive effects of physical training on motor variables, as the higher the levels of aerobic components, the larger and better the performances of lactic and alactic anaerobic metabolism, because aerobic fitness allows physiological and metabolic adaptations for the rapid recovery of intense exercise²³. And, although it is not a determining factor, aerobic fitness influences the performance and the competitive level of the futsal team, as the greater the team's cardiovascular capacity, the better the competitive performance^{24,25}.

The values of anaerobic power and fatigue index, maintenance of optimal levels of power and quick recovery from intense actions are essential for the proper performance of the footballer, making it important to analyze the acute effects of a succession of exercises of high intensity (repeated sprints) on the ability to generate muscle power²⁶.

This study is characterized as a first evidence in the literature regarding the influence of training in 5-a-side football athletes. The results indicate that the program of 16 weeks of training resulted in positive effects for the variables related to the aerobic component

(VO_{2peak}) and the anaerobic component (fatigue index). Therefore, we conclude that the training of 5-a-side football showed a trend for the parameters that are related to rapid recovery and performance of intense stimuli, due to the organic adaptations generated by the training process. However, we suggest future studies with larger samples to establish the real influence of the training of 5-a-side football in individuals with visual impairments.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Munster M, Almeida J. Atividade física adaptada: qualidade de vida para pessoas especiais atividade física e deficiência visual. En: Costa R, Gorgatti M, editors. Atividade Física Adaptada. Barueri: Editora Manole; 2005. p. 33-51.
- OMS (Organização Mundial da Saúde). O atendimento de criança com baixa visão. Relatório de Bangkok, 2002.
- Craft D, Lierberman L. Deficiência visual e surdez. En: Winnick J, editor. Educação Física e Esportes Adaptados [Tradução da 3ªed. Original]. Barueri: Editora Manole; 2004. p.181-5.
- Conde AJM, Sobrinho PA, Senatore V. Introdução ao movimento paraolímpico: manual de orientação para professores de educação física. Brasília: Comitê Paraolímpico Brasileiro; 2006. p.74.
- International Blind Sports Federation (IBSA). Futebol Sala; 2012 [citada 20 de mayo 2012]. Disponível en:<http://www.ibsa.es/esp/deportes/football/presentation.htm>.
- Fontes MS. Futebol de cinco para cegos. En: Castelli, Dolva P, Fontes MS, editors. Futebol paraolímpico: manual de orientação para professores de educação física. Brasília: Comitê Paraolímpico Brasileiro; 2006.
- Morato MC, Gomes MSP, Scaglia AJ, Almeida JG. A mediação cultural no futebol para cegos. Movimento; 2011;4:45-63.
- Oliveira PR. Periodização: contemporânea do treinamento desportivo. São Paulo(SP): Phorte; 2008.
- Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. Métodos de pesquisa em atividade física. Porto Alegre(RS): Artmed; 2007.
- Sampieri RH, Collado CF, Lucio PB. Metodologia de Pesquisa. São Paulo(SP): Mc Graw – Hill; 2006.
- Matveev LP. Metodologia e Treinamento: Treino desportivo. Guarulhos (SP): Phorte Editora; 1997.
- Jackson AS, Pollock ML. Factor analysis and multivariate scaling of anthropometric variables for the assessment of body composition. Med Sci Sports Exerc. 1976;8:196-203.
- Siri WE. Body composition from Fluid Space and density. En: Brozek J, Hanschel A, editors. Techniques for measuring body composition. Washington, DC: National Academy of Science; 1961. p. 223-4.
- Hebbelink M, Carter L, De Garay A. Body build and somatotype of olympic swimmers, divers, and water polo players. En: Lewillie L, Clarys JP, editors. Swimming II. Baltimore: University Park Press; 1975. p. 285-305.
- Carter L. Somatotipo. En: Norton K, Olds T, editors. Antropométrica. Porto Alegre: Artmed; 2005.p.151-72.
- Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. Eur J App Phy. 1982;1-12.

17. Duarte MFS, Duarte CR. Validade do teste aeróbico de corrida de vai-e-vem de 20 metros. *Rev Bras Ciên Mov.* 2001;3:7-14.
18. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20-meter shuttle run test for aerobic fitness. *J Sport Sci.* 1988;93-101.
19. Zacharogiannis E, Paradisis G, Tziortzis S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. *Med and Sci Sport Exe.* 2004;4 (Supl 1):114-6.
20. Cyrino ES, Altimari LR, Okano AH, Coelho CF. Efeitos do treinamento de futsal sobre a composição corporal e o aptidão física de jovens atletas. *Rev Bras Ciên e Mov.* 2002;1:41-6.
21. Molinuevo JS, Ortega AM. Perfil morfofuncional de un equipo de fútbol-sala. I Congreso internacional sobre ciencia y técnica del fútbol; 1989; Madrid, Espanha. p.217-24.
22. Santos AF, Giarolla RA, Figueira AJ. Perfil de aptidão física de jogadores de futebol de salão. II Bienal de ciências do esporte. São Paulo: 3 e 4 de agosto de 1991.
23. Maud PJ, Foster C. Avaliação fisiológica do condicionamento físico humano. São Paulo(SP): Phorte; 2009.
24. Ekblom B. Applied physiology of soccer. *Sport Med.* 1986;3:50-60.
25. Santos JAR. Estudio comparativo fisiológico, antropométrico y motor entre futbolistas de diferente nivel competitivo. *Rev Paul Edu Fis.* 1999: 146-59.
26. Dal Pupo J, Almeida CZP, Detanico D, Silva JF, Guglielmo LGA, Santos SG. Potência muscular e capacidade de sprints repetidos em jogadores de futebol. *Rev Bras Cineantropom Desem Hum.* 2010;12:255-61.



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

Motor performance and habitual physical activity in individuals with Parkinson's disease

A. V. Guimarães^{a,b} and A. R. Barbosa^{b,c}^aPrograma de Pós Graduação em Educação Física. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.^bNúcleo de Pesquisa em Atividade Física e Saúde. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil^cDepartamento de Educação Física. Centro de Desportos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.**History of the article:**

Received: ???

Accepted: ???

Keywords:

Exercise.

Motor activity.

Muscle strength.

Parkinson's disease.

ABSTRACT**Motor performance and habitual physical activity in individuals with Parkinson's disease**

Objective. To investigate the association between motor performance and habitual physical activity in individuals of mild and moderate stage of the Parkinson's disease (PD).

Method. This cross-sectional study involved subjects with PD, between stages 0 to 3 of the modified scale of Hoehn and Yahr. Motor performance tests used were: handgrip strength, evaluated by dynamometer (kg) and the test "chair stand" (seconds) (sit and standing test). The Baecke questionnaire analyzed the scores of habitual physical activity in the last 12 months (occupational physical activity - OPA; leisure time exercise - LTE; leisure and locomotion activity - LLA; and total score - TS).

Results. Thirty-six individuals with PD took part in the study (13 women). The time of the disease diagnosis was higher in individuals classified in moderate stage of PD (2-3) than in individuals on mild stage (0-1.5) ($p = 0.04$). In individuals in the mild stage of the disease, the linear regression showed the association between: handgrip strength and the scores LTE ($R^2 = 0.31$, $p = 0.013$) and TS ($R^2 = 0.34$, $p = 0.009$) of habitual physical activity; and performance in the "chair stand" test and TS ($R^2 = 0.46$, $p = 0.003$) of habitual physical activity.

Conclusion. There is an association between the motor performance and total score of habitual physical activity in individuals with mild stage of the PD. The results suggest that the higher total habitual physical activity score, the better is the handgrip strength, and lesser is the runtime of "chair stand" test.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

RESUMEN**Desempeño motor y actividad física habitual en individuos con enfermedad de Parkinson**

Objetivo. Investigar la asociación entre el desempeño motor y actividad física habitual (AFH) en individuos en los grados leve y moderado de la enfermedad de Parkinson (EP).

Método. El estudio contó con individuos con EP, entre los grados 0 - 3 de la escala modificada de Hoehn y Yahr. Las pruebas de desempeño motor utilizados fueron: fuerza de la mano, evaluada por el dinamómetro (kg) y la prueba de "sentarse y levantarse" (segundos). El cuestionario Baecke analizó las puntuaciones de AFH en los últimos 12 meses (actividad física laboral - AFL; ejercicios físicos de ocio EFO; actividades de ocio y locomoción - AOL, y puntaje total - PT).

Resultados. Treinta y seis personas con EP participaron en el estudio (13 mujeres). El tiempo medio de diagnóstico fue mayor en los individuos clasificados en el grado moderado de la EP (2 - 3), comparado con los individuos en el grado leve (0 - 1,5) ($p = 0,04$). En los individuos con grado leve de la enfermedad, la regresión lineal mostró la asociación entre: a) fuerza de mano y el puntaje de EFO ($R^2 = 0,31$; $p = 0,013$) y PT ($R^2 = 0,34$; $p = 0,009$) de AFH; b) desempeño en la prueba "sentarse y levantarse" y PT ($R^2 = 0,46$; $p = 0,003$) de la actividad física habitual.

Conclusión. Existe asociación entre el desempeño motor y PT de la AFH, en individuos en el grado leve de la EP. Los resultados sugieren que cuanto mayor es el PT de la AFH, mejor es la fuerza de mano y, más reducido es el tiempo de ejecución en la prueba de "sentarse y levantarse".

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Palabras clave:

Ejercicio.

Actividad motora.

Fuerza muscular.

Enfermedad de Parkinson.

Correspondence:

A. Rodrigues Barbosa.

Departamento de Educação Física.

Universidade Federal de Santa Catarina.

Campus Trindade - Florianópolis. Santa Catarina.

Brasil - CEP 88040-900.

E-mail: aline.r.barbosa@ufsc.br; alinerb13@yahoo.

com.br

INTRODUCTION

Parkinson's disease (PD) is a chronic, progressive and neurodegenerative disorder of the central nervous system. It is characterized mainly by movement disorders, which in addition to the impairment of the motor performance, are responsible for the decreased physical activity¹⁻³.

The severity and progression of PD symptoms differ among individuals⁴, and during the evolutionary process of the disease, individuals can present physical disabilities. Physical activity has been used and recommended as an important addition to the treatment of PD⁵⁻⁷, in order to prolong independence and improve the physical performance and activities of daily living. However, information on the physical activity patterns of individuals with PD are still scarce^{8,9}.

The combination of some features of PD, such as decreased muscle strength and increased weakness, can lead individuals to restrict several daily activities and limit them to carry out strictly necessary activities, which can contribute to greater muscle atrophy and consequent decrease in functional capacity¹⁰.

The evaluation of the functional capacity can be accomplished by using measures of motor performance, with objective tests, analyzing individuals in standardized tasks according to predetermined criteria¹¹⁻¹³. Tests such as the handgrip strength test and the "chair stand" test have been used in several studies examining the motor performance in individuals with PD¹⁴⁻¹⁷, primarily for its advantages such as convenience, low cost, reproducibility, and as markers for functional limitations; however, they do not associate performance to habitual physical activity.

Thus, the objective of this study was to investigate the association of motor performance and physical activity in individuals of *mild* and *moderate* stage of the PD.

METHODS

This cross-sectional study was conducted with 36 non-institutionalized volunteers (both sexes) with PD. Individuals diagnosed with Parkinson's disease (PD) between stages 0 to 3 (0 - 1.5, mild/2 - 3, moderate) of Hohen and Yahr's modified scale¹⁸, under treatment with L-Dopa and/or other medications (dopamine agonist or dopamine antagonist), were included in the study. In addition, individuals should present results > 24 on Mini Mental Evaluation (Mini Mental State Evaluation - MMSE)¹⁹.

These individuals were identified by their registration at Parkinson's Association of Santa Catarina (APASC), Santa Catarina state, southern Brazil. From this registration 75 individuals were contacted. Of these, thirty-one consented to undergo the evaluation, twenty-five refused, fifteen had contact error, four had died. In addition, five individuals with PD were contacted through the information of students at the University.

The study protocol was approved by an Ethics Committee and all participants provided informed consent.

Physical testing

The strength of the upper limbs was observed for maximum grip, measured by mechanical dynamometer (Takei Kiki Kogyo TK 1201, Japan). The test was performed using the dominant arm. During the test, the subject sat with his arms outstretched to the side, leaving the display of force directed outwardly. The individual should exercise the greatest

possible strength. This procedure was performed twice with a short interval between executions (one minute), and the highest value (kg) was computed. The intraclass correlation coefficients of .91.

The test called "chair stand" (test-retest intraclass correlations of .88) was used to verify the strength of the lower limbs^{20,21}. Prior to testing, the respondent was asked if he felt confident to rise quickly from a chair five times, without the help of the arms. In case of an affirmative answer, the subjects were asked to stay seated with the arms crossed over the chest, and get up five times as fast as possible, without any pause. The test was considered successful when performed in ≤ 60 seconds.

Habitual physical activity

The questionnaire of Baecke et al²², translated and validated in Brazil (intraclass correlation coefficients ≥ 0.69)²³, verified the habitual physical activity in the last 12 months. To determine the total habitual physical activity score, the scores for occupational physical activity (OPA), leisure time exercise (LTE), leisure and locomotion activity (LLA) were summed. For questions left unanswered on the scales we adopted the average value of all questions of each respective score. In this questionnaire, the points of each score (OPA, LTE, LLA) can vary from 1 to 5, so the total score of habitual physical activity has minimum score of 3 and a maximum of 15. Where that the higher the score, the higher the level of habitual physical activity.

Although the questionnaire was originally standardized to be self-administered, in this study, it was applied in the form of an interview because of the characteristics of the disease that could hinder the filling.

Statistical analysis

Descriptive statistics procedures were performed (mean, standard deviation, median and minimum and maximum values) for determining the values related to handgrip strength, lower limb strength and habitual physical activity scores (OPA, LTE, LLA, and TE) of the last 12 months. After descriptive statistics, data normality was confirmed using the Shapiro-Wilk's test. To compare the statistical difference between the mean values of individuals diagnosed with PD, according to disease stage, we used the "t" Student test (independent samples), adopting the significance level of 5% ($p < 0.05$).

The linear regression technique was used to determine the association between the following: a) handgrip strength and habitual physical activity scores, according to the stage of the disease; and b) the performance on the "chair stand" test with habitual physical activity scores, according to the stage of the disease. The statistical significance level of 5% ($p < 0.05$) and CI 95% was adopted. Data analysis was performed with SPSS®, version 16.0.

RESULTS

Thirty-six individuals with PD took part in the study (13 women). The age of the individuals varied from 39 to 93 years, with an mean of 65.2 ± 11.9 years. In relation to the stage of the disease of individuals, a variation of 0 to 3 was observed, in according to the modified scale of Hoehn and Yahr¹⁸, and the time of diagnosis of the disease ranged from 1 to 17 (6.22 ± 4.0) years.

Nineteen individuals were classified in the mild stage (0 to 1.5) and 17 in the moderate stage (2 to 3) of the disease. For the individuals in the

Table 1
Age, disease diagnostic time, handgrip strength, "chair stand" test, and scores of habitual physical activity, distribution according to stage of Parkinson's disease

Variables	Stage of disease								p
	Mild (n = 19)				Moderate (n = 17)				
	Mean	SD	Median	Min-max	Mean	SD	Median	Min-max	
Age (years)	63.1	10.3	66.0	(41 - 78)	67.6	13.4	67.0	(39 - 93)	0.259
DT (years)	5.0	3.4	5.0	(1 - 12)	7.7	4.2	8.0	(2 - 17)	0.04*
HGS (kg)	31.2	11.6	29.3	(10 - 55.5)	26.6	10.1	24.0	(14 - 42)	0.206
Chair stand (s)	14.5	5.3	13.7	(9.5 - 28.3)	17.1	4.7	15.7	(10 - 27.8)	0.151
OPA	2.3	1.1	2.8	(1 - 3.8)	2.0	0.8	2.4	(1 - 3.1)	0.319
LTE	2.4	0.9	2.3	(1 - 4)	2.4	0.6	2.3	(1 - 3.5)	0.965
LLA	2.4	0.6	2.3	(1 - 3.5)	2.7	0.5	3.0	(1.5 - 3.5)	0.089
TS	7.1	1.6	7.3	(3.8 - 10.8)	7.1	1.3	7.4	(5 - 9.3)	0.999

DT: disease diagnostic time; HGS: handgrip strength; OPA: occupational physical activity; LTE: leisure time exercise; LLA: leisure and locomotion activity; TS: total score.

Table 2
Linear regression between handgrip strength and performance in the "chair stand" test with the habitual physical activity scores, according to the disease

	Stage of disease							
	Mild (n = 19)				Moderate (n = 17)			
	β	CI	R ²	p	β	CI	R ²	p
Handgrip strength								
OPA	-1.3	-4.1; 6.7	0.02	0.610	-1.6	-5.3; -8.3	0.02	0.634
LTE	7.5	1.7; 13.1	0.31	0.013*	-3.1	-12.7; 6.6	0.03	0.509
LLA	9.3	1.2; 17.3	0.16	0.127	0.8	-10.1; 11.6	0.02	0.880
TS	4.1	1.2; 7.1	0.34	0.009*	0.4	-4.1; -4.4	0.01	0.946
"Chair stand" test								
OPA	-1.1	-3.7; 1.5	0.05	0.372	-1.2	-5.3; -2.8	0.04	0.513
LTE	-2.8	-5.9; 0.4	0.19	0.079	-0.6	-5.3; 4.1	0.07	0.784
LLA	-4.8	-8.4; 0.1	0.14	0.114	-0.4	-6.9; 6.1	0.02	0.888
TS	-2.4	-3.9; 1.1	0.46	0.003*	-0.6	-2.9; 1.7	0.02	0.574

OPA: occupational physical activity; LTE: leisure time exercise; LLA: leisure and locomotion activity; TS: total score.

*p > 0,05.

mild PD stage, the period of diagnosis varied from 1 to 12 years, whereas for those in the moderate stage, it ranged from 2 to 17 years.

In the test "chair stand", two individuals of mild stage and three of moderate stage were unable to perform the test. Individuals in moderate stage present longer duration of the disease in relation to individuals on the mild stage (p = 0.04). There were no statistically significant difference in habitual physical activity scores (OPA, LTE, LLA, and TS), handgrip strength, "chair stand" test and age, according to the disease stage (table 1).

The results of simple linear regression analysis between the handgrip strength with each score of habitual physical activity (OPA, LTE, LLA, and TS), according to the disease stage are presented in table 2. Linear relationship was observed between handgrip strength and the LTE score (R² = 0.31, p = 0.013) and TS (R² = 0.34, p = 0.009) of habitual physical activity in individuals in the mild stage of the PD.

In terms of association between performance on test "chair stand" with each score of habitual physical activity (OPA, LTE, LLA, and TS), according to the stage of the disease (table 2), the results of simple linear regression analysis show association only between "chair stand" test with the TS (R² = 0.46, p = 0.003) of habitual physical activity in individuals in the mild stage of the PD.

According to the results of the linear regression between the stages of the disease, there is growing trend among the handgrip strength with LTE score and with TS in individuals with mild stage of the PD, showing that the higher the value of the handgrip strength, the greater is the LTE score (fig. 1A) and the greater is the TS (fig. 1B). No significant association was observed between any score of habitual physical activity with the handgrip strength in individuals of moderate stage of the disease.

Figure 2 shows that when there is increase in the value of the total score of habitual physical activity, the run time of "chair stand" test in individuals with mild stage of the PD (negative trend) tends to be less. No significant association no was found between any score of habitual physical activity with performance testing "chair stand".

DISCUSSION

The results of this study showed that the time of the disease diagnosis was higher in individuals classified in moderate stage in relation to individuals on mild stage of the PD, as expected. However, independent of stage of the disease, the habitual physical activity scores (OPA, LTE, LLA, and TS), were similar. Individuals in mild stage presented greater handgrip strength and best performance in the "chair stand" test, but without significant difference. Some studies show that changes in physical activity pattern⁸ and in muscle strength^{17,24} in individuals with PD, would occur only in advanced stages of the disease, and would not be easily identified among individuals in the early stages.

We observed linear relationship between the handgrip strength and LTE and TS scores of habitual physical activity and, between performance in the "chair stand" test and the total score of habitual physical activity in individuals with mild stage of the disease. The higher of total habitual physical activity score, the better the motor performance of individuals with mild stage of the PD. Handgrip strength (isometric) may not be sensitive enough to detect reduced power in subjects with PD, in the presence of bradykinesia²⁵, since they present problem in the regulation

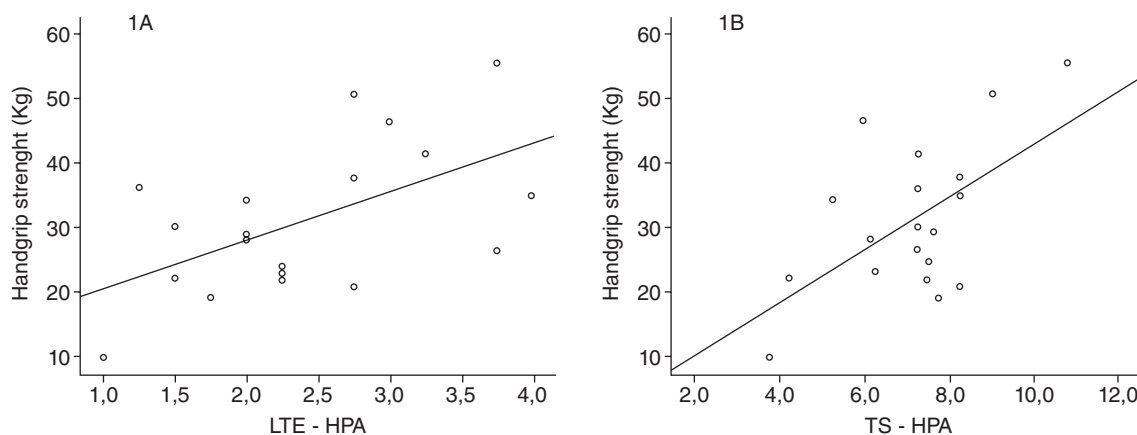


Fig. 1. A. Relation between the handgrip strength and leisure time exercise (LTE – HPA), in individuals in the *mild* stage of disease. B. Relation between the handgrip strength and total score of habitual physical activity (TS – HPA), in individuals with *mild* stage of disease.

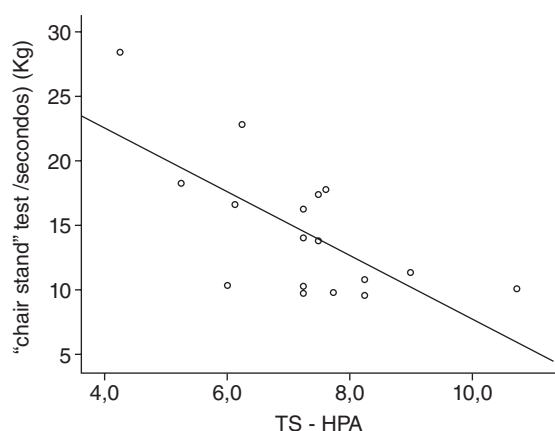


Fig. 2. Relation between the performance "chair stand" test and total score of habitual physical activity (TS – HPA), in individuals with *mild* stage of disease.

of force and time parameters²⁶. Furthermore, subjects with PD can present difficulties in simultaneous coordination of two or more motor tasks²⁷ and difficulties of fine motor coordination^{28,29} in the upper limbs.

Individuals in mild and moderate stages of PD, may present greater difficulty in the functions of the lower limbs, for muscle strength and coordination, in relation to the upper limbs¹⁹. Because, while upper limbs are innervated only by brachial plexus, whereas the lower limbs are innervated by the lumbar and sacral plexus, involving largest amount of muscles. This can generate changes and problem of contraction between the muscles, muscle shortening, and increased muscle weakness^{30,31}. In addition, individuals with PD may have greater recruitment in the number of motor units in low thresholds of muscle contraction, increasing co-activation of muscles antagonists, restricting the action of muscles agonists, which can reduce the force output of the lower limbs³².

In individuals with PD, the smallest muscle strength of lower limbs is associated with difficulty in making the move to sit and stand^{15,33}, which can adversely affect the performance of daily activities and increase the risk of falls^{16,17}. The study of Allen et al.¹⁰, involving 40 individuals with PD in mild and moderate stages, showed that the smallest muscle strength of lower limbs was associated with the decrease in speed of the walk and with the history of the falls.

Available information about on the physical activity for specific patterns of movements in the individuals with PD is still scarce. However,

some studies^{9,34,35} pointed out that the combination of some features of PD, especially, reduction of muscular strength, fatigue, and changes in motion, are associated with less practice of physical activity at leisure, lower frequency of vigorous physical activity and less time on motor activity and performing daily tasks. However, limitations arising from the disease can be worked through regular practice of physical activities, mainly for prolonging the independence of individuals^{1-3,10}.

In addition, it is known that the decreased levels of physical activity are associated with physiological changes that can result in decreased motor performance³⁶. These physiological changes also are related to the increased vulnerability of cardiovascular conditions, metabolic disorders, skeletal muscles disorders and cerebrovascular disease, in addition to cognitive deficits and depression^{3,36}.

There are some strengths and limitations that should be cited. This appears to be the first Brazilian survey to describe the habitual physical activity and its association with motor performance in individuals with PD. In the international literature, we found only one study⁸ that investigated differences in physical activity among individuals with and without PD, analyzing the pattern of sedentary behavior by accelerometer. Some studies investigated the performance motor of individuals with PD^{24,26,27,31}, although, without associating the habitual physical activity. The habitual physical activity was assessed by indirect measurement using a questionnaire¹⁶, the unique way to assess physical activity in the past²³. The study design does not establish cause and effect. Although the results show consistency in the associations and biological plausibility. Another limitation is the mean age of the participants.

In conclusion, there is an association between the motor performance and total score of habitual physical activity in individuals with mild stage of the PD. The results suggest that the higher total habitual physical activity score, the better is the handgrip strength, and lesser is the runtime of "chair stand" test. It is recommended that individuals with PD, increase their physical activity patterns, because they can maintain or improve motor performance, especially in the early stages of the disease.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge to the Coordination of Improvement of Higher Education (Capes), for the master's scholarship grant to Guimarães, A.V., and participants on this research.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Baatile J, Langbein WE, Weaver F, Maloney C, Jost MB. Effect of exercise on perceived quality of life of individuals with Parkinson's disease. *J Rehabil Res Dev*. 2000;37(5):529-34.
- Dibble LE. High-Intensity resistance training amplifies muscle hypertrophy and functional gains in persons with Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2006;21(9):1444-52.
- Hirsch MA, Farley BG. Exercise and neuroplasticity in persons living with Parkinson's disease. *Eur Phys Rehabil Med*. 2009;45(2):215-29.
- Schenkman ML, Clark K, Xie T, Kuchibhatla M, Shinberg M, Ray L. Spinal movement and performance of standing reach task in participants with and without Parkinson disease. *Phys Ther*. 2001;81(8):1400-11.
- Muhlack S, Welnic J, Woitalla D, Müller T. Exercise improves efficacy of levodopa in patients with Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2007;22(3):427-30.
- Kwakkel G, De Goede CJT, Van Wegen EEH. Impact of physical therapy for Parkinson's disease: a critical review of the literature. *Parkinsonism Relat Disord*. 2007;13(3):S478-S487.
- Gobbi LTB, Oliveira-Ferreira MDT, Caetano MJD, Lirani-Silva E, Barbieri FA, Stella F, et al. Exercise programs improve mobility and balance in people with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2009;15(3):S49-S52.
- Chastin SFM, Baker K, Jones D, Granat MH, Rochester L. The pattern of habitual sedentary behavior is different in advanced Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2010;25(13):2114-20.
- Ford MP, Malone LA, Walker HC, Nyikos I, Yelisetty R, Bickel CS. Step activity in persons with Parkinson's disease. *J Phys Act Health*. 2010;7(6):724-9.
- Scandalis TA, Bosak A, Berliner JC. Resistance training and gait function in patients with Parkinson's disease. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001;80(1):38-43.
- Guralnik JM, Ferruci L. Assessing the building blocks of function utilizing measures of functional limitation. *Am J Prev Med*. 2004;25(3):112-21.
- Curb JD, Ceria-Ulep CD, Rodríguez BL, Grove J, Guralnik J, Willcox BJ, et al. Performance-based measures of physical function for high-function populations. *J Am Geriatr Soc*. 2006;54(5):737-42.
- Zampieri C, Salarian A, Carlson-Kuhta P, Nutt JG, Horak FB. Assessing mobility at home in people with early Parkinson's disease using an instrumented Timed Up and Go test. *Parkinsonism Relat Disord*. 2011;17(4):277-80.
- Inkster LM, Eng JJ. Postural control during a sit-to-stand task in individuals with mild Parkinson's disease. *Exp Brain Res*. 2004;154(1):33-8.
- Pääsuke M, Ereline J, Gapeyeva H, Joost K, Möttus K, Taba P. Leg-extension strength and chair-rise performance in elderly women with Parkinson's disease. *J Aging Phys Act*. 2004;12(4):511-24.
- Allen NE, Sherrington C, Canning CG, Fung VSC. Reduced muscle power is associated with slower walking velocity and falls in Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2010;16(4):261-4.
- Duncan RP, Leddy AL, Earhart GM. Five times sit-to-stand test performance in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(9):1431-6.
- Fahn S, Elton RL. UPDRS program members. Unified Parkinson's disease rating scale. In: Fahn S, Marsden CD, Goldstein M, Calne DB, editors. *Recent developments in Parkinson's disease*. Florham Park, NJ: Macmillan Health-care Information; 1987. p. 143-63.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975;12(3):189-98.
- Young DR, Masaki KH, Curb JD. Associations of physical activity with performance-based and self reported physical functioning in older men: The Honolulu Heart Program. *J Am Geriatr Soc*. 1995;43(8):845-54.
- Rikli RE, Jones J. Functional fitness normative scores for community residing older adults, ages 60-94. *J Aging Phys Act*. 1999;7(2):162-81.
- Baecke JA, Burema J, Frijters JE. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr*. 1982;36(5):936-42.
- Florindo AA, Latorre MRO, Jaime PC, Tanaka T, Zerbini CAF. Methodology to evaluation the habitual physical activity in men aged 50 years or more. *Rev Saude Publica*. 2004;38(2):307-14.
- Schenkman M, Coston TM, Kuchibhatla M, Scott BL, Cress ME. Application of the continuous scale physical functional performance test to people with Parkinson disease. *Neurol Rep*. 2002;26(3):130-8.
- Nogaki H, Kakinuma S, Morimatsu M. Muscle weakness in Parkinson's disease: a follow-up study. *Parkinsonism Relat Disord*. 2001;8(1):57-62.
- Jordan N, Sagar HJ, Cooper JA. A component analysis of the generation and release of isometric force in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1992;55(7):572-6.
- Fellows SJ, Noth J. Grip force abnormalities in de novo Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2004;19(5):560-5.
- Pradhan SD, Scherer R, Matsuoka Y, Kelly VE. Use of sensitive devices to assess the effect of medication on attentional demands of precision and power grips in individuals with Parkinson disease. *Med Biol Eng Comput*. 2011;49(10):1195-99.
- Ingvarsson PE, Gordon AM, Forssberg H. Coordination of manipulative forces in Parkinson's disease. *Exp Neurol*. 1997;145(2):489-501.
- Janssen I, Heymsfield SB, Wang Z, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol*. 2000;89(1):81-8.
- Deschenes M. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med*. 2004;34(12): 809-24.
- Glendinning DS, Enoka RM. Motor unit behavior in Parkinson's disease. *Phys Ther*. 1994;74(1):61-70.
- Nocera JR, Buckley T, Waddell D, Okun MS, Hass CJ. Knee extensor strength, dynamic stability, and functional ambulation: are they related in Parkinson's disease? *Am J Phys Med*. 2010;91(4):589-95.
- Garber CE, Friedman JH. Effects of fatigue on physical activity and function in patients with Parkinson's disease. *Neurology*. 2003;60(7):1119-24.
- Rochester L, Hetherington V, Jones D, Nieuwboer A, Willems AM, Kwakkel G, et al. Attending to the task: interference effects of functional tasks on walking in Parkinson's disease and the roles of cognition, depression, fatigue, and balance. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(10):1578-85.
- Chodzko-Zajko W, Proctor D, Fiatarone MS, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1510-30.



Original

El procesado del desplazamiento del centro de presiones para el estudio de la relación complejidad/rendimiento observada en el control postural en bipedestación

C. Caballero, D. Barbado y F. J. Moreno

Psicología de la Salud. Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández. Elche. Alicante. España.

Historia del artículo:

Recibido el 22 de octubre de 2012
Aceptado el 12 de junio de 2013

Palabras clave:

Rendimiento.
Dinámica no lineal.
Control postural.
SampEn.
DFA.
COP.

Key words:

Task performance.
Nonlinear Dynamics.
Postural Balance.
SampEn.
DFA.
COP.

Correspondencia:

C. Caballero.
Psicología de la Salud.
Centro de Investigación del Deporte.
Universidad Miguel Hernández.
Av. de la Universidad s/n.
CP: 03202. Elche. Alicante. España
Correo electrónico: ccaballero@umh.es

RESUMEN

Objetivo. Este estudio evalúa la relación entre complejidad y dispersión del centro de presiones (COP) en una tarea de equilibrio en bipedestación, observando cómo la frecuencia de registro, las características estacionarias y el uso de distintos análisis afectan a la misma.

Método. Se registró el desplazamiento del COP de 21 voluntarios que se mantuvieron de pie durante 30 segundos sobre una superficie estable. Se analizó la desviación típica (DT) y la complejidad de las fluctuaciones del COP mediante *SampleEntropy* (SampEn) y *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA), a diferentes frecuencias (1000,100 y 20 Hz) y en función de la eliminación de la tendencia de la señal.

Resultados. La frecuencia de registro afecta a los valores de SampEn y DFA, disminuyendo y aumentando, respectivamente, al aumentar la frecuencia de registro. Sin embargo, el tratamiento del COP no muestra ninguna influencia. Existe una correlación negativa entre la DT y el SampEn en ambos ejes. No obstante, la relación entre la DT y el DFA se modifica en función del eje, siendo negativa en el eje AP y positiva en el ML.

Conclusión. La frecuencia de registro no influye de manera determinante en las variables no lineales, pero las frecuencias cercanas a las de la dinámica del COP maximizan las diferencias existentes en el DFA. Por otro lado, se recomienda la eliminación de la tendencia de la señal para mejorar el análisis de la estructura de la variabilidad del desplazamiento del COP. Los resultados obtenidos respaldan la existencia de la relación entre el rendimiento y la complejidad del COP.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Center of pressure preprocessing methods to analyze complexity/performance relation in quiet standing

Objective. The aim of this study is to analyze the relationship between the complexity and postural balance in a standing balance task. In this way, this study assesses the effect of the sample frequency, the stationarity of center of pressure (COP) and the used of different analysis.

Method. Twenty-one volunteers were asked to stand still for 30 s on a stable surface. Displacement of COP was measured. The performance was assessed through the standard deviation (SD) of COP. Complexity of COP was measured through Sample Entropy (SampEn) and Detrended Fluctuation Analysis (DFA). All variables were analyzed on three different frequencies (20,100 and 1000 Hz) and on two signal treatment (the original and detrended signal).

Results. The sample frequency influences the values of SampEn and DFA. However, these values keep the trend shown between experimental conditions. SD values are negatively related with SampEn of COP data in both axes. Nevertheless, the relationship between SD and DFA varies by axis; this relationship is negative in the AP axis and positive in the ML axis.

Conclusion. The sample frequency has a significant influence in the results, but frequencies close to the dynamics of COP enhance the differences. On the other hand, we suggest to detrend the signal to improve the analysis of dynamics of COP. The results support the direct relationship between performance and complexity of COP.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

INTRODUCCIÓN

La dinámica del centro de presiones (*center of pressure*, COP) en el mantenimiento de la postura en bipedestación es considerada una variable colectiva^{1,2} que refleja la actividad conjunta de muchos componentes del sistema neuromuscular para mantener el centro de gravedad dentro de la base de sustentación^{2,3}. En este sentido, se ha analizado la dispersión de las fluctuaciones del COP para evaluar el grado de control postural. Para ello se han utilizado variables tales como la raíz media cuadrática⁴, la distancia resultante^{5,6}, medidas de tendencia central⁷, la velocidad, el área del recorrido del COP³, etc. De entre todas ellas destaca la desviación típica⁸, siendo también utilizada como indicador de la cantidad de variabilidad presentada por el sistema⁹.

Recientemente se ha analizado la complejidad de las fluctuaciones del COP con objeto de evaluar las interacciones de los componentes del sistema neuromuscular implicados en el control postural en bipedestación^{3,10,11}. Muchos estudios sugieren que la complejidad mostrada en las señales biológicas puede estar relacionada con la capacidad del sistema para generar respuestas adaptativas ante perturbaciones¹²⁻¹⁴. Así, una menor complejidad en la dinámica del COP estaría asociada con un peor rendimiento y una menor capacidad de adaptación^{3,15-20}. Estos resultados están en consonancia con la hipótesis general que indica que una mayor complejidad de las señales biológicas está asociada a sistemas saludables, mientras que una pérdida de complejidad está relacionada con la edad y la enfermedad^{21,22}.

Sin embargo, existen estudios en tareas de estabilidad que no apoyan esta hipótesis, encontrando una mayor complejidad de la dinámica del COP y un peor rendimiento en muestras de ancianos frente a jóvenes^{8,23,24}. Estos resultados sugieren que una alta complejidad conlleva una reducción en la capacidad de adaptación^{8,24}. Autores como Vaillancourt y Newell²³ sugieren que la tendencia al incremento o decremento de la complejidad en relación al envejecimiento, la enfermedad y el rendimiento no es universal y que depende de la naturaleza intrínseca del sistema y las demandas requeridas. Otros autores, sin embargo, creen que la controversia en los resultados es debida a las variables utilizadas para analizar la complejidad²². Así, tanto la entropía aproximada (*Approximate Entropy*, ApEn)²⁵ como sus evoluciones, la entropía muestral (*Sample Entropy*, SampEn)²⁶ y la entropía difusa (*Fuzzy Entropy*, FuzzyEn)²⁷, como el análisis de cuantificación de recurrencia²⁸, serían medidas de regularidad de la señal y no de complejidad. Goldberger et al.²² proponen el uso de medidas fractales para analizar la complejidad fisiológica tales como el análisis de fluctuaciones sin tendencia (*Detrended Fluctuation Analysis*, DFA).

Estos resultados contradictorios pueden estar también influenciados por el tratamiento de la señal. Así, la frecuencia de registro es una variable que no se mantiene constante entre estudios, encontrándonos análisis del COP realizados a frecuencias de 500²⁹, a 200⁸, 100 Hz^{9,30} y 10 Hz^{8,30}. Borg y Laxaback⁸ sugieren que para analizar el COP en bipedestación es suficiente utilizar una frecuencia de registro de 10 Hz, debido a que hay poca importancia fisiológica por encima de dicha frecuencia, evitando analizar frecuencias que no corresponden con el comportamiento que queremos evaluar. Sin embargo, otros autores²⁹ indican que la frecuencia de muestreo debe ser superior a 20 Hz, pues el movimiento humano involuntario más rápido ocurre a 8 - 10 Hz. Además, al realizar mediciones a baja frecuencia, se necesitan registros de larga duración debido a que las variables no lineales requieren de un número suficiente para alcanzar la fiabilidad³¹. Para las herramientas de cálculo de entropía, como el ApEn y el SampEn, los autores²⁶ sugieren un mínimo entre 10^m-20^m, y para el cálculo del DFA un mínimo de 256 datos³².

Otra de las características a tener en cuenta para realizar el análisis de la estructura de una señal biológica es su estado estacionario. Si la señal no es estacionaria puede provocar un "falso" aumento de la irregularidad³³. Las señales de la dinámica del COP son no estacionarias³⁴⁻³⁷ y para conseguir que la señal sea estacionaria se realiza un tratamiento para eliminar la tendencia³³.

Dada la controversia de los resultados, y valorando sus posibles causas, el objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre complejidad y dispersión del COP en una tarea de equilibrio en bipedestación, observando cómo la frecuencia de registro, las características estacionarias y el uso de distintos análisis afectan a la misma.

MÉTODO

Participantes

La muestra de este estudio estuvo formada por 21 participantes (edad 27,8 ± 7,0 años; altura 1,71 ± 0,09 m; peso 67,58 ± 10,33 Kg). Todos los participantes firmaron un consentimiento informado previo al estudio, donde se daban a conocer los objetivos de la investigación. El procedimiento experimental usado en este estudio se encuentra acorde con el Comité de ética de la Universidad Miguel Hernández.

Instrumental

Para evaluar la estabilidad postural, se usó una plataforma de fuerzas (Kistler 9287BA, Zurich, Switzerland). Las fuerzas de reacción del suelo fueron registradas a 1000 Hz, de modo que se calculó el recorrido del COP.

Procedimiento

Los participantes realizaron una tarea de equilibrio con ojos abiertos, en bipedestación, directamente sobre la plataforma de fuerzas, durante 30 s^{8,29,33} y con la consigna de "mantenerse lo más quieto posible"^{24,38}. La tarea se realizó a una distancia de 3,80 m respecto a una pared blanca en la cual no había ningún tipo de referencia visual. Durante la realización de la tarea, los participantes se situaron con los pies separados a una anchura de 30 cm (distancia entre los talones), permitiéndoseles una apertura externa del eje longitudinal entre 30 y 35°. La orientación de los pies fue tal que el vector formado por los talones quedase paralelo al eje medio-lateral de la plataforma. Las manos se situaron a ambos lados de la cadera.

Tratamiento y análisis de datos

Con el objeto de realizar un análisis de fluctuaciones del COP debido a los mecanismos reguladores que operan en escalas de tiempo corto (<1s)^{33,39} y comprobar si existen diferencias en función de si la señal es estacionaria o no, todas las variables fueron analizadas sobre dos series de datos: la serie temporal original y esta misma serie, habiéndose realizado sobre ella un tratamiento para eliminar la tendencia siguiendo las pautas de Costa et al.³³ Para observar la influencia de registro sobre la dinámica del COP ambas se analizaron a frecuencias de 1000,100 y 20 Hz.

El rendimiento del control postural fue evaluado mediante la variabilidad del COP, a través de la desviación estándar (DT). Autores como Gerbino et al.⁴⁰ indican que esta variable posee una buena fiabi-

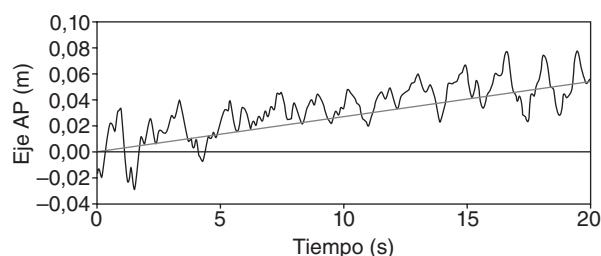


Fig. 1. Ejemplo de la deriva en el eje antero-posterior de uno de los ensayos registrados. AP: anteroposterior.

lidad para valorar la “capacidad de permanecer quieto”, premisa que se les indica a los participantes de este estudio al realizar la tarea. Fue medida tanto en el eje antero-posterior (AP) como medio-lateral (ML). Además del cálculo de la DT total de la serie temporal, para tratar de tener en cuenta el hecho de no ser estacionario, lo cual provoca un efecto deriva de los datos (fig. 1), se optó por aplicar dos procedimientos complementarios para el cálculo de la variabilidad del COP a través de la desviación típica. El primero de ellos consistió en el cálculo de la DT total de la señal una vez eliminada la tendencia. El segundo procedimiento aplicado se basa en el cálculo de la desviación típica en ventanas temporales no solapadas de la serie de datos original (DT móvil)⁴¹. Se realizaron cálculos en ventanas de 5 s y se obtuvo el promedio de los valores obtenidos para tener una estimación de la variabilidad total. La siguiente ecuación muestra la fórmula para calcular la desviación típica móvil.

$$DTM = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{\frac{N}{K}} \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{i=(j-1) \cdot K+1}^{j \cdot K} \left[x_i - \frac{1}{K} \sum_{i=(j-1) \cdot K+1}^{j \cdot K} x_i \right]^2}$$

Para la valoración de la complejidad del COP se utilizaron diferentes herramientas de análisis no lineal: SampEn²⁶ y DFA²².

SampEn es una herramienta de análisis que mide la regularidad de las series temporales de datos. Altos valores de SampEn conllevan altos valores de irregularidad de la señal²⁶. Para su cálculo, se han utilizado los siguientes parámetros: $m = 2$ y $r = 0,28$.

DFA es una herramienta que evalúa la presencia de autocorrelación a largo plazo dentro de la serie temporal^{42,43}. “ α ” es el parámetro de autosimilitud o autocorrelación, a mayor valor de α , mayor autocorrelación de la señal. Este procedimiento ha sido usado para la descripción de la complejidad²². Se aplicó acorde a Peng et al.⁴³.

Análisis estadístico

La normalización de las variables fue evaluada a través del test Kolmogorov-Smirnov, con la corrección de Lilliefors. Para evaluar la influencia de la frecuencia y la existencia o no de carácter estacionario del COP sobre las distintas variables de complejidad y rendimiento se realizó un ANOVA de medidas repetidas con dos factores: la frecuencia de registro y la realización o no del tratamiento previo para eliminar la tendencia de la señal. Para realizar las comparaciones múltiples se efectuó un análisis *post hoc* con el ajuste de Bonferroni. Por último, el coeficiente de correlación de Pearson fue calculado para determinar la relación entre la complejidad y el rendimiento del control postural tanto en el eje ML como en el AP.

Tabla 1

Resumen de los valores medios de cada uno de los tipos de desviación típica y las diferencias entre las mismas en las diferentes frecuencias tanto en el eje antero-posterior como el medio-lateral

	DT total (Media \pm DT [cm])	DT total sin tendencia (Media \pm DT [cm])	DT móvil (Media \pm DT [cm])	F _{2,19}	Sig.
AP	0,27 \pm 089	0,15 \pm 036	0,06 \pm 019	121.127	< 0,001
ML	0,15 \pm 092	0,09 \pm 035	0,05 \pm 014	26.212	< 0,001

DT: desviación típica; AP: antero-posterior; ML: medio-lateral.

Tabla 2

Resumen de las correlaciones entre los tipos de desviación típica en eje antero-posterior y medio-lateral

		DT total	DT total sin tendencia	DT móvil
AP	DT total			
	DT sin tendencia	0,663*		
	DT móvil	0,709*	0,739*	
ML	DT global			
	DT sin tendencia	0,700*		
	DT móvil	0,557*	0,831*	

DT: desviación típica; AP: antero-posterior; ML: medio-lateral.

* $p < 0,001$

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados de la comparación entre los distintos procedimientos para el cálculo de la dispersión del COP mediante los tres procedimientos explicados en el método para el cálculo de la DT. Se observa que si bien existen diferencias significativas entre los tres procedimientos de cálculo de la DT, la frecuencia de registro no afecta a sus valores.

El análisis de las correlaciones entre los tres procedimientos para calcular la DT muestra que todas presentan una relación positiva entre sí (tabla 2). Los procedimientos que presentan una mayor correlación son el cálculo de DT total sin tendencia y la DT móvil, en ambos ejes.

En relación con la fluctuación del COP en la tarea de estabilidad, se observa que las variaciones del COP se producen sobre todo en el eje antero-posterior. Los desplazamientos en este eje son significativamente mayores que los del eje medio-lateral ($p > 0,01$), sin influir el tipo de DT calculada (DT total, $F_{2,19} = 25.367$; DT móvil, $F_{2,19} = 24.516$).

Para comprobar si aquellos participantes cuyos datos fluctuaban en mayor medida lo hacían tanto en el eje AP como en el ML, se analizó la correlación de las DT de ambos ejes. Existe una relación positiva entre las DT de los ejes, pero sólo se muestra en la DT total sin tendencia ($r = 0,615$; $p < 0,01$) y la DT móvil ($r = 0,774$; $p < 0,001$), pero no en la DT total de la señal original.

A continuación, se exponen los resultados de los análisis realizados con las diferentes herramientas no lineales, que dan a conocer la estructura de la variabilidad del desplazamiento del COP. Atendiendo a la SampEn y al DFA, se observa que a medida que se aumenta la frecuencia de registro, la SampEn disminuye, mientras que el DFA aumenta (fig. 2). Estos cambios en función de la frecuencia son significativos en todas las herramientas utilizadas (tabla 3). Aunque las diferencias entre ejes y entre tratamientos de la señal muestran la misma tendencia en las distintas frecuencias, el análisis de varianza indica un efecto de interacción entre las diferentes frecuencias de registro y los ejes analizados (SampEn, $F_{2,19} = 5.000$, $p < 0,05$; DFA, $F_{2,19} = 69.994$, $p < 0,001$) y entre las frecuencias y el

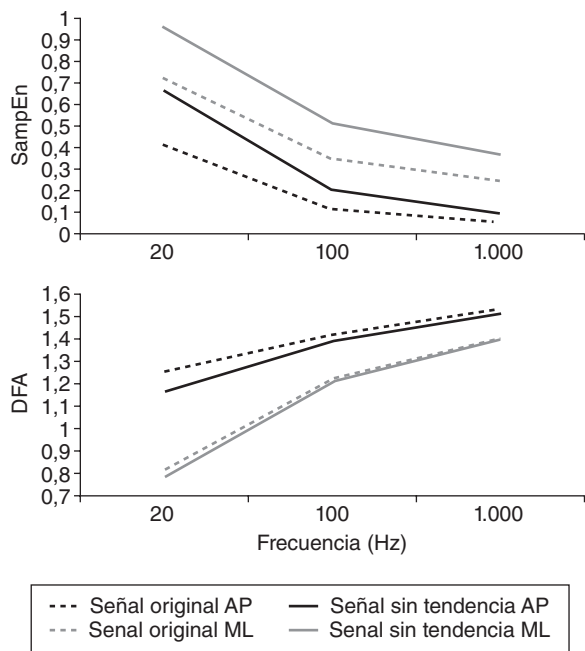


Fig. 2. Representación gráfica del valor de cada una de las herramientas no lineales en cada una de las frecuencias analizadas y en función de si la señal es original o se le ha eliminado la tendencia, tanto en el eje antero-posterior, como medio-lateral. AP: antero-posterior; ML: medio-lateral.

tratamiento de la señal (SampEn, $F_{2,19} = 81.323$, $p < 0,001$; DFA, $F_{2,19} = 67.007$, $p < 0,001$).

Un análisis detallado de las diferencias entre ejes y entre tratamientos de la señal presentan distintos tamaños del efecto a distintas frecuencias de registro (tabla 4 y 5). Los resultados muestran mayores diferencias en DFA para la frecuencia de 20 Hz, mientras que las mayores diferencias en SampEn no se observan en una única frecuencia.

Al analizar las diferencias y posibles relaciones entre el SampEn y el DFA entre ejes se observa que independientemente de la frecuencia de registro y el tratamiento de la señal utilizado, ambas muestran diferencias significativas entre los ejes de desplazamiento. El eje AP presenta mayor predictibilidad y autocorrelación ($p < 0,001$). A su vez, no existe correlación entre ambos con ninguna de las herramientas no lineales.

Por último, se analizó la relación entre la dispersión del COP y la dinámica del COP. Este análisis se realizó utilizando todas las DT calculadas y las herramientas no lineales con las que analizamos la estructura del COP (tabla 6). Los resultados muestran que la relación es negativa con el SampEn, tanto con el eje AP como el ML. Sin embargo, las correlaciones

realizadas con el DFA presentan diferente dirección en función del eje de desplazamiento. En el eje AP la relación es negativa, mientras que en el eje ML es positiva.

DISCUSIÓN

Los estudios que han analizado la relación entre la complejidad y el rendimiento en el control postural han mostrado cierta controversia en sus resultados en los últimos años²². La investigación realizada trata de aportar información metodológica sobre el análisis de la complejidad y las fluctuaciones del COP que pueden estar relacionados con el origen de esta controversia.

Lo primero que se debe destacar es que los cambios de la frecuencia de registro no conllevan diferencias en los resultados de las diferentes DT. Eso era de esperar, dado que el submuestreo es mayor al rango de frecuencias en el que se encuentra la señal del COP, evitando así el efecto *aliasing*, el cual provocaría pérdida de información.

De acuerdo con la bibliografía, los resultados muestran que la dispersión del COP en situaciones estables de equilibrio en bipedestación se muestra mayoritariamente en el eje AP^{8,9}. Estos resultados son independientes de la frecuencia de muestreo y del procedimiento seguido para el cálculo de la DT. De hecho, estos procedimientos muestran una alta correlación entre sí, indicando que son instrumentos útiles para el estudio de la dispersión del COP durante una tarea de estabilidad en bipedestación.

En trabajos anteriores se ha encontrado una correlación entre las fluctuaciones observadas entre los ejes ML y AP⁸. En este estudio se ha observado que mayores fluctuaciones en un eje no conllevan mayores fluctuaciones en el otro. Sin embargo, una vez eliminadas las frecuencias bajas de las fluctuaciones del COP mediante la DT móvil o la DT total sin tendencia sí aparece esta relación. Estos resultados pueden indicar que, en el control del COP, los ajustes efectuados a bajas frecuencias tienen una mayor magnitud en uno de los ejes, predominando en ese eje las estrategias de control de movimientos más amplios y mayor duración, mientras que las correcciones a frecuencias altas, de menor amplitud, sean comunes a ambos ejes. Estos procesos de control postural han sido identificados como *rambling* y *trembling* respectivamente^{44,45}.

Respecto a la estructura de las fluctuaciones del COP, estudiada mediante el SampEn y el DFA, hay que indicar que el eje AP es el más predecible⁴⁶ y más autocorrelacionado respectivamente. Además, no se encontraron correlaciones entre ambos ejes. Autores como Winter et al.⁴⁷ indican que el control postural de cada uno de los ejes es independiente. Las estructuras (músculos) responsables del control de cada uno de los ejes son diferentes, siendo en el control del eje AP más relevantes las

Tabla 3
Resumen de los valores medios de cada una de las herramientas de análisis no lineal y los resultados de las diferencias entre frecuencias obtenidos a través de un ANOVA de medidas repetidas, en el eje antero-posterior y medio-lateral

		20 Hz	100 Hz	1000 Hz	$F_{2,19}$	Sig.
AP	SampEn	0,4101 ± 0,1289	0,1036 ± 0,0427	0,0447 ± 0,0297	192,593	< 0,001
	SampEn sin tendencia	0,6614 ± 0,1687	0,2005 ± 0,0995	0,0854 ± 0,0764	292,736	< 0,001
	DFA	0,1255 ± 0,1790	0,1414 ± 0,1110	0,1531 ± 0,0802	84,790	< 0,001
	DFA sin tendencia	0,1170 ± 0,1802	0,1389 ± 0,1087	0,1514 ± 0,0795	135,193	< 0,001
ML	SampEn	0,7212 ± 0,2885	0,3475 ± 0,2262	0,2420 ± 0,2025	176,441	< 0,001
	SampEn sin tendencia	0,9593 ± 0,2420	0,5109 ± 0,2210	0,3641 ± 0,2140	244,239	< 0,001
	DFA	0,8239 ± 0,2202	0,1225 ± 0,1581	0,1404 ± 0,1186	505,370	< 0,001
	DFA sin tendencia	0,7883 ± 0,2145	0,1216 ± 0,1536	0,1397 ± 0,1159	585,009	< 0,001

AP: antero-posterior; ML: medio-lateral.

Tabla 4

Resumen de los valores medios de SampEn y los resultados de las diferencias entre el eje antero-posterior y medio-lateral y tratamiento en función de la frecuencia de registro obtenidos a través de un ANOVA de medidas repetidas

	SampEn		F _{2,19}	Sig.	ηp ²
	AP	ML			
20 Hz					
Señal original	0,4101 ± 0,1289	0,7212 ± 0,2885	23,290	< 0,001	0,538
Señal sin tendencia	0,6614 ± 0,1687	0,9593 ± 0,2420	26,599	< 0,001	0,571
F _{2,19}	78,655	40,715			
Sig.	< 0,001	< 0,001			
ηp ²	0,797	0,671			
100 Hz					
Señal original	0,1036 ± 0,0427	0,8239 ± 0,2202	26,334	< 0,001	0,568
Señal sin tendencia	0,2005 ± 0,0995	0,5109 ± 0,2210	46,114	< 0,001	0,697
F _{2,19}	40,802	56,264			
Sig.	< 0,001	< 0,001			
ηp ²	0,671	0,738			
1000 Hz					
Señal original	0,0447 ± 0,0297	0,2420 ± 0,2025	21,772	< 0,001	0,521
Señal sin tendencia	0,0854 ± 0,0764	0,3641 ± 0,2140	43,528	< 0,001	0,685
F _{2,19}	14,233	61,821			
Sig.	0,001	< 0,001			
ηp ²	0,416	0,756			

AP: antero-posterior; ML: medio-lateral.

Tabla 5

Resumen de los valores medios de DFA y los resultados de las diferencias entre el eje antero-posterior y medio-lateral y tratamiento en función de la frecuencia de registro obtenidos a través de un ANOVA de medidas repetidas

	DFA		F _{2,19}	Sig.	ηp ²
	AP	ML			
20 Hz					
Señal original	1,255 ± 0,1790	0,8239 ± 0,2202	60,157	< 0,001	0,750
Señal sin tendencia	1,170 ± 0,1802	0,7883 ± 0,2145	47,937	< 0,001	0,706
F _{2,19}	58,368	10,654			
Sig.	< 0,001	0,004			
ηp ²	0,745	0,348			
100 Hz					
Señal original	1,415 ± 0,1110	1,225 ± 0,1581	22,730	< 0,001	0,532
Señal sin tendencia	1,389 ± 0,1087	1,216 ± 0,1536	20,374	< 0,001	0,505
F _{2,19}	15,068	6,491			
Sig.	0,001	0,019			
ηp ²	0,430	0,245			
1000 Hz					
Señal original	1,531 ± 0,0802	1,404 ± 0,1186	18,224	< 0,001	0,477
Señal sin tendencia	1,514 ± 0,0795	1,397 ± 0,1159	16,196	< 0,001	0,447
F _{2,19}	14,185	7,603			
Sig.	0,001	0,012			
ηp ²	0,415	0,275			

AP: antero-posterior; ML: medio-lateral.

acciones de los flexores y extensores del tobillo y en el eje ML los abductores y aductores de la cadera⁹. Por lo tanto, se puede tratar de manifestaciones o componentes diferentes del control postural, que juntos, permiten un control del COP.

Las medidas de análisis no lineal (SampEn y DFA) se han mostrado robustas frente a las frecuencias de muestreo mostrando las mismas diferencias significativas entre ejes y tratamientos en las distintas frecuencias. No obstante, a medida que se aumenta la frecuencia de registro, la fluctuación del COP se vuelve más predecible y más autocorrelacionada.

Tabla 6

Correlaciones entre las diferentes desviaciones típicas y las herramientas no lineales en función de la frecuencia de registro y el tratamiento de la señal, tanto del eje antero-posterior como del medio-lateral

	AP			ML		
	DT total	DT total sin tendencia	DT móvil	DT total	DT total sin tendencia	DT móvil
Señal original						
20 Hz						
SampEn	-0,568**	-0,265	0,098	-0,779**	-0,646**	-0,464*
DFA	-0,372	-0,429	-0,552*	0,395	0,508*	0,013
100 Hz						
SampEn	-0,603**	-0,458*	-0,168	-0,710**	-0,679**	-0,598**
DFA	-0,468*	-0,368	-0,741**	0,287	0,344	-0,164
1000 Hz						
SampEn	-0,572**	-0,525*	-0,434*	-0,644**	-0,682**	-0,677**
DFA	-0,463*	-0,294	-0,733**	0,329	0,385	-0,121
Señal sin tendencia						
20 Hz						
SampEn	-0,101	-0,426	0,198	-0,576**	-0,796**	-0,485*
DFA	-0,418	-0,321	-0,484*	0,348	0,449*	-0,044
100 Hz						
SampEn	-0,203	-0,496*	-0,094	-0,628**	-0,820**	-0,643**
DFA	-0,450*	-0,281	-0,661**	0,254	0,330	-0,180
1000 Hz						
SampEn	-0,572**	-0,525*	-0,434*	-0,619**	-0,801**	-0,754**
DFA	-0,432	-0,209	-0,656**	0,299	0,380	-0,128

*p<0,05; **p<0,01 DT: desviación típica; AP: antero-posterior; ML: medio-lateral.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Rhea et al.²⁹, quien indica que la SampEn es más sensible a las colinealidades que están presentes en una señal con sobremuestreo. Estas colinealidades se producen cuando un movimiento de baja frecuencia (como por ejemplo COP) es registrado a una frecuencia por encima del teorema de Nyquist. En este sentido, las diferencias del DFA entre ejes y tratamientos muestran un mayor tamaño del efecto a la frecuencia de 20 Hz, indicando que los registros a frecuencias próximas a la frecuencia de la dinámica del COP⁴⁸ maximizarían las posibles diferencias entre situaciones.

Estos resultados están en consonancia con lo indicado por algunos autores²⁴ que afirman que aumentar la frecuencia de registro por encima del doble del espectro de frecuencia natural del COP no conlleva una ganancia de información adicional. Además, dada la fiabilidad mostrada por la SampEn²⁶ y el DFA³² en el análisis de series de corta duración, el utilizar frecuencias bajas de registro tiene como ventaja un análisis más económico.

En relación con el tratamiento de la señal, la eliminación de la tendencia afecta de manera significativa al cálculo de la estructura del COP, presentando una mayor irregularidad y una menor autocorrelación³². Hay que señalar que el procedimiento de eliminación de la tendencia de una señal no necesariamente implica un incremento de la complejidad tal y como indican Costa et al.³³, quienes recomiendan este tratamiento previo de la señal, puesto que el no ser estacionaria puede también provocar un "falso" aumento de la irregularidad a corto término.

Finalmente, se analizó la relación entre la estructura del COP y su dispersión. Tal y como se ha comentado a lo largo de la discusión, la frecuencia no parece influir de manera determinante en los resultados tanto en lo referente a la dispersión del COP como a su estructura, exceptuando el hecho de que tanto el SampEn como el DFA muestran una mayor sensibilidad en las frecuencias próximas a la frecuencia natural de la dinámica del COP⁴⁹.

Respecto al tratamiento de eliminación de la tendencia, se observan resultados diferentes, de modo que la relación entre DT y predictibilidad

o autocorrelación aumenta cuando se relacionan las variables con el mismo tratamiento.

Los resultados indican una relación negativa entre la dispersión del COP y su irregularidad en ambos ejes. En general, los participantes que presentan menor dispersión del COP en una condición estable en bipedestación tienen una dinámica de movimiento más irregular. Sin embargo, cuando se analiza la relación entre la dispersión del COP y su autocorrelación los resultados son diferentes en función del eje. El eje AP presenta una correlación negativa. Al igual que con la SampEn, los participantes con menos dispersión del COP poseen una dinámica de la señal más autocorrelacionada. Sin embargo, al igual que el estudio de Amoud et al.⁴⁹ donde se realiza este mismo análisis, pero con una referencia visual durante la tarea de equilibrio, en el eje ML la relación es inversa. Los participantes con más dispersión del COP tienen más autocorrelación de la señal. Tal y como se ha comentado anteriormente, el hecho de que las fluctuaciones en los ejes no presenten una misma estructura puede reflejar que son manifestaciones diferentes del control postural⁴⁷, y por tanto la relación entre dispersión y estructura del COP difiera en función del eje analizado en el test bipodal realizado.

En conclusión, todos los procedimientos utilizados en este estudio para el cálculo de la desviación típica del centro de presiones son instrumentos útiles para el análisis de su dispersión durante una tarea de estabilidad en bipedestación. Sin embargo, para la elección de uno u otro debe tenerse en cuenta qué tipo de comportamiento se quiere analizar. Para analizar las características del control mostrado en frecuencias altas podrían ser utilizados registros de corta duración utilizando procedimientos de eliminación de la tendencia o mediante la desviación típica móvil. Pero si lo que se quiere es realizar un análisis del control expresado en fluctuaciones a más baja frecuencia, el uso de la desviación típica total de la señal original puede ser una herramienta útil.

En cuanto al efecto de la frecuencia de registro sobre la relación complejidad/rendimiento, en este estudio no se muestran modificaciones contradictorias. No obstante, se ha comprobado que el análisis no lineal a frecuencias de muestreo cercanas a la frecuencia natural de la dinámica del sistema puede permitir maximizar las posibles diferencias existentes entre situaciones.

Respecto al tratamiento de la señal se recomienda la eliminación de su tendencia para mejorar el análisis de la estructura del centro de presiones en series de corta duración. De este modo, se evita el posible enmascaramiento de la dinámica del centro de presiones provocado por el carácter no estacionario de los datos.

Los resultados obtenidos en este estudio respaldan la existencia de la relación entre el rendimiento y la complejidad del centro de presiones. No obstante, las diferencias encontradas entre los ejes sugieren la necesidad de profundizar en análisis que recojan la dinámica global del centro de presiones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ministerio de Ciencia e Innovación de España y al Programa Val+d predoctoral de la Generalitat Valenciana el apoyo recibido.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Financiación

Este estudio ha sido posible gracias a la financiación del proyecto con código DEP2010-19420, subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Gobierno de España. Además del apoyo del programa Val+d predoctoral de la Generalitat Valenciana.

Bibliografía

1. Winter D. Balance and posture during quiet standing. En: Winter D, editor. A.B.C. of balance during standing and walking. Waterloo: Biomechanics Waterloo; 1995. p. 5-24.
2. Riley MA, Turvey MT. Variability and determinism in motor behaviour. *J Mot Behav.* 2002;34:99-125.
3. Manor B, Costa MD, Hu K, Newton E, Starobinets O, Kang HG, et al. Physiological complexity and system adaptability: evidence from postural control dynamics of older adults. *J Appl Physiol.* 2010;109:1786-91.
4. Haran FJ, Emily MS, Keshner A. Sensory reweighting as a method of balance training for labyrinthine loss. *J Neurol Phys Ther.* 2008;32(4):186-91.
5. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1996;43:956-66.
6. Roerdink M, Hlavackova P, Vuillerme N. Center-of-pressure regularity as a marker for attentional investment in postural control: A comparison between sitting and standing postures. *Hum Mov Sci.* 2011;30:203-12.
7. Ramdani S, Seigle B, Varoqui D, Bouchara F, Blain H, Bernard PL. Characterizing the dynamics of postural sway in humans using smoothness and regularity measures. *Ann Biomed Eng.* 2010;39(1):161-71.
8. Borg FG, Laxaback G. Entropy of balance - some recent results. *J Neuroeng Rehabil.* 2010;7:38.
9. Svendsen JH, Svarrer H, Vollenbroek-Hutten M, Madeleine P. Postural Variability during Pursuit Tracking in Low-Back Pain Patients. En: Dremstrup K, Rees S, Jensen MØ, editors. 15th NBC on Biomedical Engineering & Medical Physics, IFMBE Proceedings. 2011; 34:97-100.
10. Newell KM, Vaillancourt DE. Dimensional change in motor learning. *Hum Mov Sci.* 2001;20:695-715.
11. Mazaheri M, Salavati M, Negahban H, Sanjari MA, Parnianpour M. Postural sway in low back pain. Effects of dual tasks. *Gait Posture.* 2010;31:116-21.
12. Goldberger AL. Nonlinear dynamics for clinicians: chaos theory, fractals, and complexity at the bedside. *Lancet.* 1996;347:1312-4.
13. Goldberger AL, Amaral LA, Hausdorff JM, Ivanov PC, Peng C-K, Stanley HE. Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging. *PNAS.* 2002; 99:2466-72.
14. Lipsitz LA. Dynamics of stability: the physiologic basis of functional health and frailty. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57:115-25.
15. Roerdink M, De Haart M, Daffertshofer A, Donker SF, Geurts ACH, Beek PJ. Dynamical structure of center-of-pressure trajectories in patients recovering from stroke. *Exp Brain Res.* 2006;174:256-69.
16. Donker SF, Roerdink M, Greven AJ, Beek PJ. Regularity of center-of-pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control. *Exp Brain Res.* 2007;181:1-11.
17. Lamothe CJ, van Lummel RC, Beek PJ. Athletic skill level is reflected in body sway: a test case for accelerometry in combination with stochastic dynamics. *Gait Posture.* 2009;29:546-51.
18. Stins JF, Michielsen ME, Roerdink M, Beek PJ. Sway regularity reflects attentional involvement in postural control: Effects of expertise, vision and cognition. *Gait Posture.* 2009;30:106-9.
19. Kuczyński M, Szymańska M, Bięc E. Dual-task effect on postural control in high-level competitive dancers. *J Sports Sci.* 2011;29:539-45.
20. Barbado FD, Sabido R, Vera-García FJ, Gusi N, Moreno FJ. Effect of increasing difficulty in standing balance tasks on postural sway and EMG: complexity and performance. *Hum Mov Sci.* 2012;31(5):1224-37.
21. Goldberger AL, Rigney DR, West BJ. Chaos and fractals in human physiology. *Sci Am.* 1990;262:42-9.
22. Goldberger AL, Peng C-K, Lipsitz LA. What is physiologic complexity and how does it change with aging and disease? *Neurobiol Aging.* 2002;23:23-6.
23. Vaillancourt DE, Newell KM. Changing complexity in human behavior and physiology through aging and disease. *Neurobiol Aging.* 2002;23:1-11.
24. Duarte M, Sternad D. Complexity of human postural control in young and older adults during prolonged standing. *Exp Brain Res.* 2008;191:265-76.
25. Pincus SM. Approximate entropy as a measure of system complexity. *PNAS.* 1991;88:2297-301.
26. Richman JS, Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate and sample entropy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2000;278:2039-49.
27. Chen W, Wang Z, Xie H, Yu W. Characterization of surface EMG signal based on fuzzy entropy. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2007; 15:266-72.
28. Webber CL, Zbilut JP. Recurrence Quantification Analysis of Nonlinear Dynamical Systems. En: Riley, MA, Van Orden, GC, editors. *Tutorials in con-*

- temporary nonlinear methods for the behavioral sciences. [20 de marzo del 2011]. 2005. p. 27 – 94. Disponible en: www.nsf.gov/sbe/bcs/pac/nmbs/nmbs.jsp
29. Rhea CK, Silver TA, Hong SL, Ryu JH, Studenka BE, Hughes CML, et al. Noise and Complexity in Human Postural Control: Interpreting the Different Estimations of Entropy. *PLoS ONE*. 2011;6(3): e17696.
 30. Chen W, Zhuang J, Yu W, Wang Z. Measuring complexity using FuzzyEn, ApEn, and SampEn. *Med Eng Phys*. 2009;31:61-8.
 31. Holden JG. Gauging the Fractal Dimension of Response Times from Cognitive Tasks. En: Riley MA, Van Orden GC, editors. *Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences*. [13 de enero del 2011]. 2005. p. 268 - 318. Disponible en: www.nsf.gov/sbe/bcs/pac/nmbs/nmbs.jsp
 32. Delignières D, Ramdania S, Lemoine L, Torre K, Fortes M, Ninot G. Fractal analyses for 'short' time series: A re-assessment of classical methods. *J Math Psychol*. 2006;50:525-44.
 33. Costa M, Priplata AA, Lipsitz LA, Wu Z, Huang NE, Goldberger AL, et al. Noise and poise: Enhancement of postural complexity in the elderly with a stochastic-resonance-based therapy. *EPL*. 2007; 77.
 34. Carrol JP, Freedman W. Nonstationary properties of postural sway. *J Biomech*. 1993;26(4-5):409-16.
 35. Newell KM, Slobounov SM, Slobounova BS, Molenaar PCM. Short-term non-stationarity and the development of postural control. *Gait Posture*. 1997;6:56-62.
 36. Riley MA, Balasubramaniam R, Turvey MT. Recurrence quantification analysis of postural fluctuations. *Gait Posture*. 1999;9:65-78.
 37. Shumann T, Redfern MS, Furman JM, El-Jaroudi A, Chaparro LF. Time-frequency analysis of postural sway. *J Biomech*. 1995;28(5):603-7.
 38. Cavanaugh JT, Mercer VS, Stergiou N. Approximate entropy detects the effect of a secondary cognitive task on postural control in healthy young adults: a methodological report. *J Neuro Eng Rehabil*. 2007;4:42.
 39. Collins JJ, De Luca CJ. Random walking during quiet standing. *Phys Rev Lett*. 1994;73:764-7.
 40. Gerbino PG, Griffin ED, Zurakowski D. Comparison of standing balance between female collegiat players and soccer players. *Gait Posture*. 2007;26: 501-7.
 41. Jin S, Ning X, Mirka GA. An algorithm for defining the onset and cessation of the flexion-relaxation phenomenon in the low back musculature. *J Electromyogr Kinesiol*. 2012;22(3): 376-82.
 42. Hausdorff JM, Peng CK, Ladin Z, Wei JY, Goldberger AL. Is walking a random walk? Evidence for long-range correlations in stride interval of human gait. *J Appl Physiol*. 1995;78: 349-58.
 43. Peng CK, Halvin S, Stanley, HE, Goldberger AL. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos*. 1995;5:82-7.
 44. Zatsiorsky VM, Duarte M. Instant equilibrium point and its migration in standing tasks: Rambling and trembling components of the stabilogram. *Mot Contr*. 1999;3:28-38.
 45. Zatsiorsky VM, Duarte M. Rambling and trembling in quiet standing. *Mot Contr*. 2000;4:185-200.
 46. Algaba del Castillo J, de la Cruz Torres B, Naranjo J, Centeno RA, Beas JD. Análisis del equilibrio estático en sujetos sanos mediante el cálculo de la entropía muestral. *Rev Andal Med Deporte*. 2008;1(3):98-101.
 47. Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A: P and M:L balance in quiet stance. *J Neurophysiol*. 1996;75:2334-43.
 48. Morrison S, Hong SL, Newell KM. Inverse relations in the patterns of muscle and center of pressure dynamics during standing still and movement postures. *Exp Brain Res*. 2007;181:347-58.
 49. Amoud H, Abadi M, Hewson DJ, Michel-Pellegrino V, Doussot M, Duchêne J. Fractal time series analysis of postural stability in elderly and control subjects. *J Neuro Eng Rehabil*. 2007;4:12.



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2013;6(3):108-114

www.elsevier.es/ramd



Original

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

O uso da maturação somática na identificação morfofuncional em jovens jogadores de futebol

A. L. Mortatti^a, R. C. Honorato^a, A. Moreira^b e M. de Arruda^c^aInstituto de Educação Física e Esportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará. Brasil.^bEscola de Educação Física e Esporte. Departamento de Esporte. Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.^cFaculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. São Paulo. Brasil.

Historia del artículo:

Recibido el 15 de septiembre de 2012

Aceptado el 12 de junio de 2013

Palabras clave:

Somatotipos

Educación física y entrenamiento

Adolescente

Key words:

Somatotypes

Physical education and training

Adolescent

Correspondência:

A. L. Mortatti, PH.D.

Physical Education and Sports Institute.

Av. Mister Hull, s/n - Parque Esportivo - Bloco 320

Campus do Pici - CEP 60455-760 - Fortaleza - CE,

Brasil

E-mail: amortatti@uol.com.br

RESUMEN

El uso de la maduración somática en la identificación morfofuncional en jóvenes jugadores de fútbol

Objetivo. Los cambios ocurridos con los jóvenes en edades anteriores al pico de crecimiento (PVC) pueden influir de forma directa en su rendimiento en las actividades deportivas. Considerando esta premisa, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la maduración somática en las variables motoras y corporales de jóvenes futbolistas.

Método. Los 45 individuos fueron divididos en tres grupos de acuerdo con la maduración somática y sometidos a una evaluación antropométrica y una batería de pruebas que analizan la flexibilidad, la potencia aeróbica y la potencia anaeróbica.

Resultados. Los resultados del análisis de variación demuestran que el desempeño en el salto vertical con contra movimiento ($F = 5, 10$ y $p = 0,01$) y en el salto horizontal ($F = 7,19$ y $p = 0,002$) se debe al nivel de maduración, lo mismo pasa con la flexibilidad ($F = 6,83$ y $p = 0,02$). Por otro lado, el desempeño en la prueba de potencia aeróbica no se vio influido por el nivel de maduración. Las variantes corporales somatotipo y el respectivo del índice ponderado se mantuvieron estables independientemente del grado de maduración; tan solo fueron observadas diferencias en los valores corporales para el IMC.

Conclusión. De esta manera, se puede concluir que la determinación de las fases de maduración, dadas por los años en relación al PVC en una franja etaria puede ser un importante instrumento de orientación de los técnicos para adecuar los entrenamientos en función de la real condición funcional de sus jóvenes atletas.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

The use of somatic maturation in the morphofunctional identification in young soccer players

Objective. The changes in young people at ages preceding the peak height velocity (PHV) can influence their performance in sports. Taken this issue into account, this study aimed to analyze the effect of maturity level on body composition and motor performance in young soccer players.

Methods. The 45 subjects were divided into three groups according to somatic maturation and were submitted to anthropometric assessment and to a battery of tests that assessed flexibility (Wells' bench), aerobic power (Yo-yo endurance test level 1) and anaerobic power (horizontal and vertical jumps).

Results. The results of ANOVA indicate that performance in vertical jump with counter movement ($F = 5.10$, $p = 0.01$), standing long jump ($F = 7.19$, $p = 0.002$) and flexibility ($F = 6.83$, $p = 0.02$) are influenced by the level of maturation status. On the other hand, the performance in the aerobic power test was not affected by maturity status. The somatotype and the reciprocal of ponderal index variables remained steady regardless the degree of maturity; differences were only observed in body mass index values (BMI).

Conclusion. Thus, we can conclude that the determination of maturational stages by means of years from PHV can be a valuable tool in order to aid coaches and trainers planning and monitoring training related to the actual functional condition of young athletes.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

INTRODUÇÃO

Atualmente, é crescente o número de estudos que visa identificar e analisar parâmetros morfológicos e físicos de crianças e adolescentes inseridos em treinamentos sistemáticos nas mais variadas modalidades esportivas¹⁻³. O conhecimento do perfil relacionado a essas variáveis e de seus respectivos comportamentos e respostas ao processo de treinamento é fundamental para o contexto da especialização esportiva.

Esse conhecimento juntamente com a utilidade e fidedignidade desses parâmetros podem auxiliar pesquisadores, técnicos e preparadores físicos nos processos de detecção, seleção e promoção do talento esportivo. Além disso, também poderiam ser utilizados para orientar o próprio processo de treinamento, aumentando a eficácia relativa da aptidão física, sobretudo nas variáveis que podem determinar o sucesso no esporte¹.

No futebol, a tendência de orientação do processo de escolha dos jovens jogadores é, atualmente, selecionar atletas de maior estatura e peso corporal, tendo, portanto, o "tamanho corporal" um papel central.⁴ No entanto, essa orientação relativa ao "tamanho corporal" no processo de detecção e promoção do talento, na maioria das vezes, está baseada somente nos valores absolutos das variáveis morfológicas e físicas, negligenciando o *status* do desenvolvimento biológico dos avaliados.

Dessa forma, indivíduos que se encontram em um nível maturacional tardio são comparados a seus pares de desenvolvimento mais precoce em uma mesma faixa etária, fazendo com que, muitas vezes, haja uma avaliação enviesada no processo que, por sua vez, poderia não ser a mais apropriada e efetiva.

Nesse sentido, para além da análise pontual do tamanho corporal, assumindo-se a importância dessa variável na orientação da seleção, promoção e desenvolvimento de talentos, há a necessidade de se identificar o processo de desenvolvimento biológico com o objetivo de relativizar os valores das variáveis morfofuncionais pelo nível maturacional do avaliado⁵.

A identificação do nível maturacional, por sua vez, pode ser realizada por vários métodos tais como a maturação óssea, maturação dental, maturação das características sexuais secundárias e maturação somática⁵. Dentre esses possíveis métodos, a avaliação das características sexuais secundárias, proposta por Tanner (1962), é bastante difundida no meio esportivo, porém os procedimentos para tal avaliação podem gerar algum tipo de constrangimento entre os avaliados. Além disso, a auto avaliação pode ser influenciada pela análise subjetiva do avaliador, limitando, na prática, a utilização e a confiabilidade do método^{5,6}.

Uma alternativa que tem sido proposta e investigada na literatura especializada⁷⁻¹¹ é a utilização de dados antropométricos para a determinação dos anos para o Pico de Velocidade de Crescimento (APVC), através de uma equação de regressão proposta por Mirwald¹⁰. Esse método, além de ser uma alternativa para a avaliação da maturação biológica, com o benefício adicional de ser um instrumento de baixo custo, de fácil aplicabilidade e não invasivo, tem sido aceito pela comunidade como um indicador útil e confiável para a análise do nível de maturação^{9,11,12}.

A importância e relevância da utilização do nível maturacional na avaliação de jovens esportistas têm sido abordadas por vários pesquisadores com diferentes delineamentos e amostras¹³⁻¹⁵. A partir da determinação do nível maturacional dos atletas de uma dada categoria é possível identificar as possíveis diferenças e estratificá-los em grupos e, a partir disso, realizar de forma mais específica a avaliação. Além disso, essas informações podem auxiliar treinadores e técnicos na distribuição e controle das cargas de treinamento e, ainda, permitir a identificação do efeito do treinamento, distinguindo-o do possível efeito do nível maturacional nas adaptações físicas e fisiológicas.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi identificar o efeito do nível de maturação somática em jovens atletas de futebol (sub 12 e sub 13) e verificar possíveis diferenças entre os estágios maturacionais no que tange às variáveis motoras e corporais.

MÉTODOS

Amostra

Para a seleção da amostra, utilizou-se o método não probabilístico casual. O número de sujeitos participantes da amostra foi de 45 atletas voluntários que treinavam há, pelo menos, 2 anos nas categorias de base de um clube de futebol da cidade de São Paulo, Brasil.

Os sujeitos foram divididos em 3 grupos de acordo com a classificação do nível de maturação somática (APVC): níveis de maturação -1 (MS-1), -2 (MS-2) e -3 (MS-3). A distribuição da amostra é apresentada na tabela 1 enquanto a caracterização da amostra pode ser visualizada na tabela 2.

Todos os atletas, bem como seus pais ou responsáveis, foram informados do propósito da pesquisa e autorizaram a sua realização, tendo, para isso, assinado um termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi desenvolvido em conformidade com as instruções contidas na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde sobre pesquisas com seres humanos, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição, processo n.º 982/2008.

Maturação somática

O estágio maturacional foi determinado de acordo com os procedimentos descritos por Mirwald et al.¹⁰, que consistem em determinar o *status*

Tabela 1

Distribuição da amostra em função do pico de velocidade de crescimento (PVC) nas categorias Sub-12, Sub-13 e total

	PVC	-1	-2	-3	Total
Sub-12	n	3	7	9	19
Sub-13	n	15	8	3	26
Total	n	18	15	12	45

Tabela 2

Caracterização da amostra analisada de acordo com os níveis da maturação somática

	MS -1		MS -2		MS -3		Total	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	Dp
Idade (anos)	13,9	0,4	12,7	0,51	12,4	0,4	12,89	0,5
Massa corporal (kg)	59,4	7,3	46,6	6,4	38,4	3,7	49,56	10,6
Estatura (cm)	167,4	5,6	155,7	5,9	147,6	5,9	158,24	9,9

dp: desvio padrão.

da maturação somática a partir da identificação da distância, em anos, que o indivíduo se encontra em relação ao pico de velocidade de crescimento (PVC), utilizando a interação entre a idade e as variáveis antropométricas de estatura, peso, altura tronco-encefálica (ATC) e comprimento de membros inferiores (CMI), a partir da seguinte equação: *Maturação Somática* = $-9,236 + 0,0002708 (CMI \times ATC) - 0,001663 (Idade \times CMI) + 0,007216 (Idade \times ATC) + 0,02292 (peso/estatura)$.

Variáveis antropométricas

Para a determinação das variáveis antropométricas foram seguidos os procedimentos propostos pela ISAK¹⁶ (*International Society for Advancement in Kinanthropometry*). As dobras cutâneas, bem como as circunferências e os diâmetros ósseos, foram aferidos três vezes de forma rotacional, sendo considerada a média aritmética dos valores.

O índice de massa corporal (IMC) foi calculado a partir da razão entre massa corporal (Kg)/estatura² (m). Os três componentes do somatotipo, endomorfa, ectomorfa e mesomorfa foram calculados de acordo com os procedimentos descritos por Heath-Carter¹⁷. A razão estatura/peso, que determina o recíproco do índice ponderal (RIP) ou Sheldon's Index¹⁸, que é utilizada na determinação do componente ectomorfa, foi calculada a partir da divisão da estatura (cm) pela raiz cúbica do peso corporal (kg)¹⁹.

O Somatotype Attitudinal Distance (SAD), que determina a distância espacial entre dois somatopontos de um mesmo grupo (A - B), que podem ser dois indivíduos, dois momentos diferentes para um indivíduo, ou duas médias, respeitando a característica tridimensional da somatocarta, foi determinado a partir da equação:

$$SAD = \frac{1}{3}[(IA-IB)^2 + (IIA-IIIB)^2 + (IIIA-IIIB)^2]$$

onde IA, IIA e IIIA representam, respectivamente, os componentes endomorfo, mesomorfo e ectomorfo do sujeito analisado e IB, IIB e IIIB representam a média do grupo analisado. Neste trabalho são apresentados os valores médios do SAD entre os indivíduos e a média do grupo.

O percentual de gordura (%gordura) foi determinado a partir da somatória das dobras cutâneas tricípital e subescapular, utilizando a equação de Lohman, 1986²⁰.

Variáveis motoras

As variáveis de desempenho motor analisadas foram selecionadas de acordo com as capacidades motoras treinadas pelos jovens atletas, respeitando a especificidade e as rotinas de avaliação realizadas pela equipe avaliada. Assim, foram testadas as variáveis de força explosiva, flexibilidade e potência aeróbia.

Os testes utilizados para avaliar a expressão da força explosiva foram o salto horizontal (SHCM) e o salto vertical com contra movimento (SVCM). Para a avaliação da flexibilidade (FLEX) do quadril, dorso e dos músculos posteriores dos membros inferiores, foi utilizado o teste de sentar e alcançar. Todos os testes foram realizados seguindo os procedimentos de Johnson & Nelson²¹.

A potência aeróbia foi avaliada por meio do YoYo Endurance Test nível 1, que tem como constituição a repetição de séries consecutivas (vai-e-vem em uma distância de 20 metros), com aumento progressivo da intensidade, controlada por áudio. Os procedimentos para a realização do teste foram descritos por Bangsbo²², sendo que, recentemente, Castagna et al.²³ e Markovic & Mikulic²⁴ mostraram sua validade e confiabilidade para a mensuração da aptidão aeróbia em jovens jogadores de futebol.

Análise estatística

Para a verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Utilizou-se o teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias e, para a comparação das variáveis analisadas nos 3 níveis maturacionais (MS-1, MS-2 e MS-3) foi utilizada a análise de variância de um fator (ANOVA one-way). O teste post hoc HSD de Tukey foi utilizado para localizar as diferenças entre os três níveis de maturação somática.

Para a determinação dos componentes do somatotipo (endomorfa, mesomorfa e ectomorfa) foi utilizado o software Somatotype calculation and analysis[®], 2001 – Sweat Technologies.

Utilizou-se o pacote estatístico StatSoft Statistica[®], versão 6 (2001), para o tratamento estatístico. O nível de significância estabelecido foi de 5%.

RESULTADOS

Para as variáveis antropométricas foram identificadas diferenças significativas em função da MS para a estatura (F = 44,17) e massa corporal (F = 43,3). Em relação aos componentes do somatotipo, não foi identificado efeito dos grupos (endomorfo p = 0,085, mesomorfo p = 0,255 e ectomorfo p = 0,33). Para a variável SAD, relacionada à interpretação da disposição dos somatopontos, também não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas em função da MS (p = 0,475). Em relação à porcentagem de gordura, não foi observada diferença significativa (p = 0,853) entre os grupos (tabela 3). No que tange aos valores do IMC, houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Diferenças foram localizadas entre MS-3 e MS-1 (p = 0,000) e MS-2 (p = 0,007); enquanto para a RIP não

Tabela 3

Análise descritiva (média e desvio padrão-dp) de acordo com o nível da maturação somática

	MS -1 (18)		MS -2 (15)		MS -3 (12)		Total (45)	
	Média	dp	Média	Dp	Média	dp	Média	dp
IMC (kg/m ²)	21,2 ^a	1,9	19,1 ^a	1,8	17,6	1,6	19,5	2,3
RIP (cm/kg ^{1/3})	43,0	1,4	43,4	1,3	43,8	1,6	43,4	1,5
%Gordura	16,3	5,2	17,1	6,3	15,8	5,8	16,4	5,7
Endomorfo	3,2	1,3	3,2	1,3	3,3	1,1	3,3	1,2
Mesomorfo	4,2	0,9	4,3	0,7	4,6	0,7	4,4	0,8
Ectomorfo	3,5	1,2	3,2	1,00	2,9	1,0	3,1	1,0
SAD	1,4	0,9	1,5	0,7	1,8	0,8	1,5	0,8

^a ≠ sig. Para MS-3. (p > 0,05)

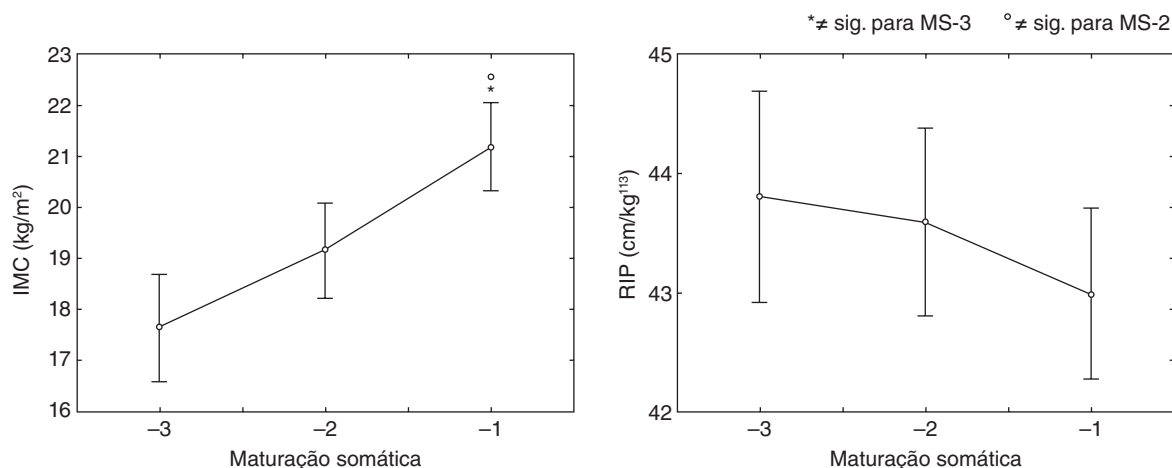


Fig. 1. Valores do índice de massa corporal e da recíproco do índice ponderal em função da maturação somática. IMC: índice de massa corporal; RIP: recíproco do índice ponderal.

foram observadas diferenças significativas para os níveis maturacionais ($p = 0,30$) (fig. 1).

O arranjo dos somatopontos em função dos níveis de maturação somática, bem como a média de cada grupo, está representado no somatotipograma (fig. 2). Em relação às variáveis motoras, o efeito da maturação somática foi significativo para o SVC (F = 5,10; $p = 0,01$), para o SHCM (F = 7,19; $p = 0,002$) e para a FLEX (F = 6,83; $p = 0,02$), enquanto para a potência aeróbia não houve diferença significativa entre os níveis de maturação somática (F = 1,26; $p = 0,29$). As diferenças entre os grupos maturacionais para cada uma das variáveis motoras analisadas estão demonstradas na figura 3.

DISCUSSÃO

Variáveis corporais

Entre os principais resultados do presente estudo, é importante destacar que, analisando os valores do somatotipo em função do APVC nos níveis

maturacionais encontrados, observa-se que a estrutura corporal não sofre alterações importantes que pudessem determinar características morfológicas próprias nas idades maturacionais. Dessa forma, é possível inferir que, nos indivíduos que ainda não atingiram o PVC, as modificações fisiológicas observadas em direção à maturação, não são suficientemente fortes para causar uma diferenciação importante na composição corporal.

Em relação ao SAD, que determina a distância tridimensional de um somatoponto em relação à média do grupo, nossos resultados revelam a ausência de diferença significativa entre os grupos, demonstrando assim, para esses níveis maturacionais, tendência em direção à uniformidade dos atletas, à medida que esses evoluem maturacionalmente.

Contudo, essa homogeneidade dos componentes do somatotipo, bem como do SAD em função da maturação somática, demonstra que, nas idades anteriores ao PVC, os compartimentos corporais dos atletas não se mostram como fator interveniente da performance nas variáveis. Apesar das diferenças para as variáveis antropométricas, as proporções da composição corporal se mantiveram.

Essa condição foi verificada também nos valores referentes à porcentagem de gordura (%G), que também não diferiram significativamente

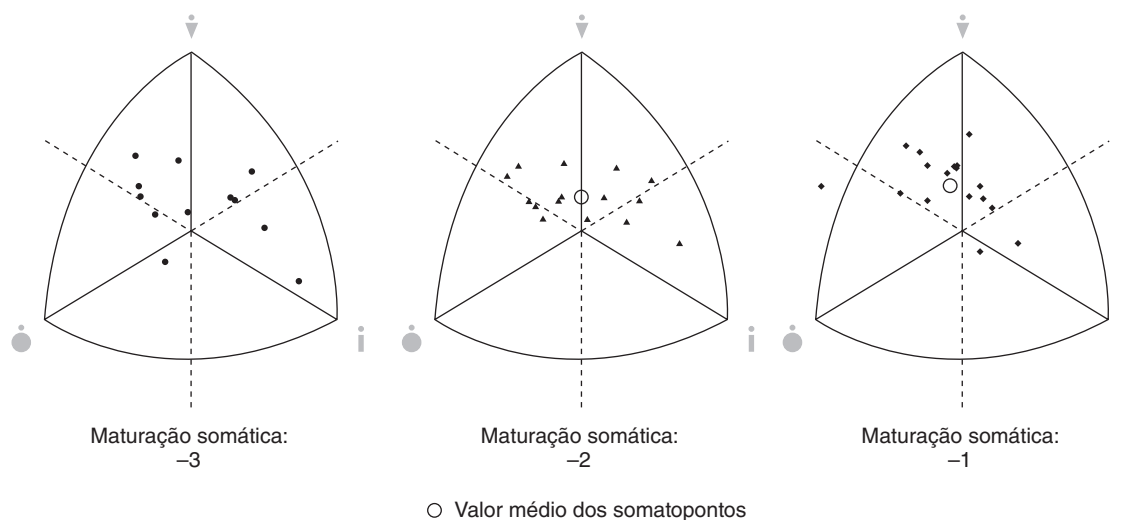


Fig. 2. Somatotipogramas com os respectivos somatopontos e a média para cada nível maturacional.

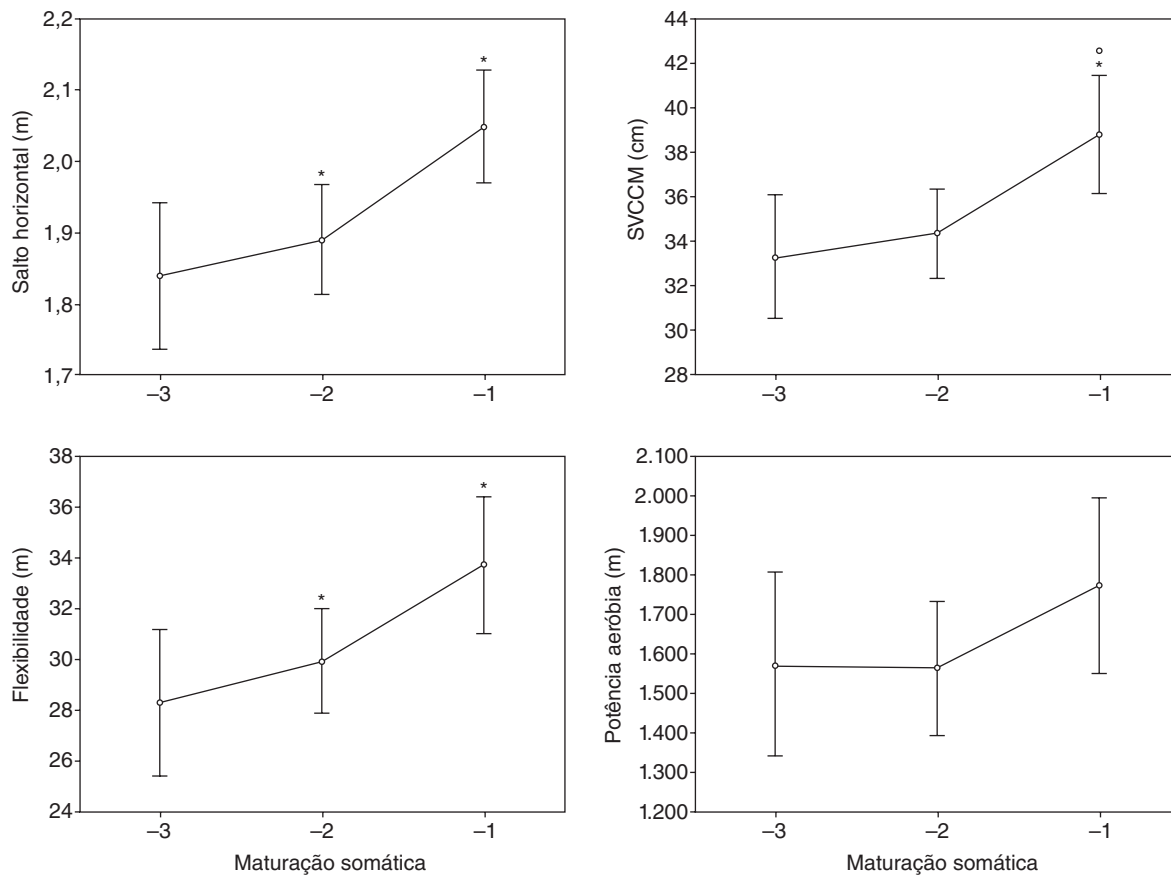


Fig. 3. Valores dos testes motores em função da maturação somática.

em função da maturação somática. Resultados semelhantes foram observados em estudos com populações análogas à utilizada na presente investigação, ou seja, indivíduos púberes^{25,26}. Porém, esses estudos utilizaram as características sexuais secundárias para a determinação da maturação biológica.

Em relação ao IMC, esse demonstrou um aumento significativo no ano imediatamente anterior ao PVC em relação aos outros anos, atingindo valores próximos aos valores de corte para o sobrepeso proposto por Cole et al.²⁷, enquanto o RIP não apresentou diferença significativa entre os grupos maturacionais e permaneceu dentro dos padrões de normalidade propostos por Ricardo & Araujo²⁰. Esses resultados poderiam ser explicados, possivelmente, em função da melhor adequação matemática da equação usada no cálculo do RIP^{19,20,28}, que considera a característica tridimensional (cúbica) dos compartimentos corporais, diferentemente do IMC, que não leva esse aspecto em consideração na avaliação do indivíduo. O RIP é relacionado na literatura como mais adequado matematicamente, posto que, na fórmula, a medida de massa corporal está no denominador e representa com mais acurácia as mudanças na estrutura corporal^{19,20}.

Apesar de o IMC ser um instrumento de avaliação utilizado internacionalmente como indicador do estado nutricional, apresenta limitações na sua base teórica como, por exemplo, a relação com a proporcionalidade do corpo (pessoas com pernas curtas terão IMC aumentado) e a relação com a massa livre de gordura, especialmente em homens. Um desenvolvimento muscular importante poderia induzir interpretações equivocadas na identificação da obesidade e na correlação com a estatura que, apesar de baixa, pode ser significativa, especialmente em crian-

ças e adolescentes²⁹.

Esses aspectos sugerem a necessidade de se estudar e utilizar outros instrumentos para o cálculo das mesmas variáveis determinadas pelo IMC. Assim, o emprego do RIP pode ser mais eficiente na determinação da proporcionalidade corporal, principalmente em populações que estão envolvidas em programas de treinamento esportivo.

Variáveis motoras

Em relação às variáveis motoras, os resultados do presente estudo demonstram que a evolução dessas está alinhada com o nível maturacional dos atletas, o que pode ser atribuído às características fisiológicas, as quais se desenvolvem com a maturação como, por exemplo, a otimização e desenvolvimento do sistema anaeróbio^{30,31}.

Nos resultados do presente estudo, notadamente, em relação à expressão da potência anaeróbia (PAN), indicada indiretamente pelos resultados nos testes de força explosiva (SHCM e SVCCM), pode-se observar um incremento significativo, principalmente no ano imediatamente anterior ao PVC, podendo-se inferir que as grandes alterações no metabolismo anaeróbio, frequentemente observadas após a maturação sexual, iniciam-se próximas ao PVC e antes de um ano do PVC. Apesar disso, essas alterações não são suficientemente intensas, possibilitando uma tendência de homogeneização dos valores da potência anaeróbia no segundo e terceiro anos anteriores ao PVC.

Porém, quando se analisa o comportamento da PAN em suas diversas possibilidades, devem ser observadas as possíveis influências na magnitude da força, tais como perfil endócrino, aspectos neurológicos, carac-

terísticas genéticas, grau de atividade física e aspectos ambientais e nutricionais, pois a interpretação dessa variável não pode ser realizada isoladamente, dado o seu grau de complexidade^{5,32}.

O nível de flexibilidade também se mostra sensível ao aumento do nível maturacional, especialmente do estágio -1 para os demais. Também na flexibilidade, a evolução dos níveis maturacionais de -3 para -2 não foi suficiente para acarretar em uma melhora substancial dessa capacidade motora, indicando que esses dois níveis de maturação somática se equivalem também para essa capacidade, corroborando com os achados de estudos que demonstram que, a partir dos 12 anos de idade, os meninos têm um aumento constante do nível de flexibilidade até aproximadamente os 18 anos, quando atingem um platô^{6,33}.

Poucos são os estudos que utilizaram o PVC como ferramenta de análise da flexibilidade. No estudo de Machado et al.³⁴, foi encontrado resultado semelhante na evolução da flexibilidade, avaliada também pelo teste de sentar e alcançar em praticantes de futebol. Essas variações parecem estar de acordo com pesquisas que utilizaram idade cronológica para a avaliação da flexibilidade. Dois outros estudos^{5,35} mostraram uma evolução dos valores da flexibilidade a partir dos 12/13 anos de idade, o que coincide com a idade média dos jogadores analisados neste trabalho.

Entretanto, Philippaerts et al.³⁶ mostraram, em um estudo com 232 jovens atletas de futebol, que a flexibilidade, avaliada por meio do teste de sentar e alcançar, diminuiu desde os 12 meses que antecederam o pico de velocidade de estatura (PVE), em que obteve os menores valores, e após esse fenômeno, os valores aumentaram sensivelmente nos 12 meses seguintes ao PVE. Esse resultado não foi observado no presente estudo visto que a amostra analisada não apresentava nenhum atleta que tivesse atingido o PVE.

É razoável admitir que o nível de flexibilidade atingido em cada grupo provavelmente não sofreu efeito do treinamento na mesma dimensão do efeito do desenvolvimento biológico dos indivíduos. Os atletas investigados possuem um nível de treinamento homogêneo e com características análogas, mesmo em níveis maturacionais e categorias diferentes, reforçando essa generalização da ausência do efeito do treinamento na capacidade motora flexibilidade.

Os valores verificados para o desempenho no teste de potência aeróbia (PA) não foram afetados pelo nível maturacional. Esse resultado está em conformidade com recente publicação de Carling et al.³⁷, que não encontrou diferença no VO₂ máximo em função da maturação esquelética em jovens jogadores de futebol. No entanto, o esperado para essa variável seria que o processo maturacional influenciasse a evolução do VO₂ máximo, tanto pelo próprio desenvolvimento biológico quanto pela melhora do desempenho motor em relação à economia de corrida e menor consumo de O₂ para locomoção³⁸, já que, para os meninos, depois dos 8 anos de idade, tem sido demonstrado que o VO₂ máximo apresenta aumento constante até os 16 anos de idade, na ordem de 11,1% ao ano³⁹.

No entanto, essa estabilidade encontrada nos valores da PA corrobora com os resultados de outros estudos^{27,39}, que encontraram estabilidade de valores nesse período entre as faixas etárias descritas, independentemente da modalidade esportiva realizada.

Dessa forma, os resultados antropométricos e funcionais observados em função da maturação somática vêm demonstrar a necessidade de se identificar e classificar os atletas dentro da faixa etária correspondente à sua categoria, na tentativa de individualizar as cargas de treinamento, respeitando o momento morfofisiológico no qual o jovem atleta se encontra.

Dessa forma, pode-se concluir que, em relação aos componentes do somatotipo, a isomorfia encontrada nos três anos imediatamente anteriores ao PVC indica uma estabilidade morfológica mesmo com o crescimento linear, evidenciando que o processo maturacional, nos estágios analisados, não teve influência direta nos valores dessa variável. Na análise dos indicadores de proporcionalidade corporal, o RIP demonstrou ser um instrumento mais adequado para a caracterização morfológica nesses níveis maturacionais, quando comparado com o IMC, visto que os valores encontrados no RIP estão em consonância com as outras variáveis corporais analisadas. Quanto às variáveis motoras, os resultados demonstram a importância da identificação dos níveis maturacionais, utilizando o APVC, dentro de uma faixa etária, a fim de possibilitar ao técnico ou treinador a adequação dos treinamentos em função da real condição funcional de seus jovens atletas.

RESUMO

Objetivo. As modificações que ocorrem com os jovens nas idades anteriores ao pico de velocidade de crescimento (PVC) podem influenciar de maneira direta o seu desempenho nas atividades esportivas. Considerando esse pressuposto, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito da maturação somática nas variáveis motoras e corporais de jovens futebolistas.

Método. Os 45 sujeitos foram divididos em três grupos de acordo com a maturação somática e submetidos à avaliação antropométrica e a uma bateria de testes que analisaram a flexibilidade (banco de Wells), a potência aeróbia (*Yoyo endurance teste, nível 1*) e a potência anaeróbia (salto horizontal e vertical).

Resultados. Os resultados da análise de variância demonstram que o desempenho no salto vertical com contra movimento ($F = 5,10$ e $p = 0,01$) e no salto horizontal ($F = 7,19$ e $p = 0,002$) é influenciado pelo nível maturacional, o mesmo ocorrendo para a flexibilidade ($F = 6,83$ e $p = 0,02$). Por outro lado, o desempenho no teste de potência aeróbia não foi afetado pelo nível maturacional. As variáveis corporais somatotipo e o recíproco do índice ponderal se mantiveram estáveis independentemente do grau de maturação; apenas foram verificadas diferenças nos valores corporais para o IMC.

Conclusão: Assim, pode-se concluir que a determinação dos estágios maturacionais dada pelos anos em relação ao PVC (APVC) dentro de uma determinada faixa etária pode ser um valioso instrumento de orientação para técnicos e treinadores na adequação dos treinamentos em função da real condição funcional de seus jovens atletas.

Palavras-chave:

Somatotipos.
Educação física e treinamento.
Adolescente.

CONFLITO DE INTERESSES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Referências

1. Davis DS, Barnette BJ, Kiger JT, Mirasola JJ, Young SM. Physical characteristics that predict functional performance in division I college football players. *J Strength Cond Res.* 2004;18(1):115-20.
2. Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Van Renterghem B, Matthys D, Craen R, et al. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci.* 2006;24(3):221-30.
3. Torres-Unda J, Zarrazquin I, Gil J, Ruiz F, Irazusta A, Kortajarena M, et al. Anthropometric, physiological and maturational characteristics in selected elite and non-elite male adolescent basketball players. *J Sports Sci.* 2013;31(2):196-203.
4. Gil SM, Gil J, Ruiz F, Irazusta A, Irazusta J. Anthropometrical characteristics and somatotype of young soccer players and their comparison with the general population. *Biol Sport.* 2010;27(1):17-24.
5. Malina R, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. 2ª ed. Champaign: Human Kinetics; 2004.

6. 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.
7. Carvalho HM, Silva MJCE, Ronque ERV, Goncalves RS, Philippaerts RM, Malina RM. Assessment of reliability in isokinetic testing among adolescent basketball players. *Med Lith*. 2011;47(8):446-52.
8. Dolphens M, Cagnie B, Coorevits P, Vanderstraeten G, Cardon G, D'hooge R, et al. Sagittal standing posture and its association with spinal pain: A school-based epidemiological study of 1196 Flemish adolescents before age at peak height velocity. *Spine*. 2012;37(19):1657-66.
9. Malina RM, Coelho ESMJ, Figueiredo AJ, Carling C, Beunen GP. Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players. *J Sports Sci*. 2012;30(15):1705-17.
10. Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(4):689-94.
11. Moreira A, Mortatti AL, Aoki MS, Arruda A FS, de Freitas CG, Carling C. Role of Free Testosterone in Interpreting Physical Performance in Elite Young Brazilian Soccer Players. *Pediatr Exerc Sci*. 2013; Mar 15. [Epub ahead of print]
12. Buchheit M, Al Haddad H, Mendez-Villanueva A, Quod MJ, Bourdon PC. Effect of maturation on hemodynamic and autonomic control recovery following maximal running exercise in highly trained young soccer players. *Front Physiol*. 2011;2:69.
13. Buyken AE, Bolzenius K, Karaolis-Danckert N, Gunther AL, Kroke A. Body composition trajectories into adolescence according to age at pubertal growth spurt. *Am J Hum Biol*. 2011;23(2):216-24.
14. Malina RM, Cumming SP, Morano PJ, Barron M, Miller SJ. Maturity status of youth football players: a noninvasive estimate. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(6):1044-52.
15. Malina RM, Eisenmann JC, Cumming SP, Ribeiro B, Aroso J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(5-6):555-62.
16. Norton K, Olds T. *Antropométrica*. Porto Alegre: Artmed; 2005.
17. Carter JEL, Heath BH. *Somatotyping: Development and Applications*. Cambridge: University Press; 1990.
18. Smalley KJ, Knerr AN, Kendrick ZV, Colliver JA, Owen OE. Reassessment of body mass indices. *Am J Clin Nutr*. 1990;52(3):405-8.
19. Ricardo DR, Araújo CGS. Índice de Massa Corporal: um questionamento científico. *Arq Bras Cardiol*. 2002;79(1):61-9.
20. Lohman TG. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc Sport Sci Rev*. 1986;14:325-57.
21. Johnson BL, Nelson JK. *Practical measurements for evaluation in physical education*. Minnesota: Burgess Publishing Company; 1979.
22. Bangsbo J. *Yo-Yo Test*. Copenhagen: HO Storm; 1996.
23. Castagna C, Manzi V, Impellizzeri F, Weston M, Barbero AJC. Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24(12):3227-33.
24. Markovic G, Mikulic P. Discriminative ability of the yo-yo intermittent recovery test (level 1) in prospective young soccer players. *J Strength Cond Res*. 2011;25(10):2931-4.
25. Villar R, Denadai BS. Efeitos da idade na aptidão física em meninos praticantes de futebol de 9 a 15 anos. *Motriz*. 2001;7(2):93-98.
26. Mortatti AL, Arruda M. Análise do efeito do treinamento e da maturação sexual sobre o somatotipo de jovens futebolistas. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2007;9(1):84-91.
27. 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.
28. Rech CR, Petroski EL, Silva RCR, Silva JCN. Indicadores antropométricos de excesso de gordura corporal em mulheres. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(3):119-24.
29. Malina RM, Katzmarzyk PT. Validity of the body mass index as an indicator of the risk and presence of overweight in adolescents. *Am J Clin Nutr*. 1999;70:131-6.
30. Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol Scand*. 1973;87(4):485-97.
31. Kaczor JJ, Ziolkowski W, Popinigis J, Tarnopolsky MA. Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. *Pediatr Res*. 2005;57(3):331-5.
32. Beunen G, Thomis M. Muscular strength development in children and adolescents. *Pediatr Exerc Sci*. 2000;12(2):174-97.
33. Haubenstricker J, Seefeldt V. Aquisition of motor skills during childhood. En: Seefeldt V, editor. *Physical Activity & Well-being*. Reston, Virginia: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance; 1986. p.3-12.
34. Machado DRL, Bonfim MR, Costa LT. Pico de velocidade de crescimento como alternativa para classificação maturacional associada ao desempenho motor. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2009;11(1):14-21.
35. Guedes DP, Guedes JERP. *Crescimento, composição corporal e desempenho motor de crianças e adolescentes*. 1ª ed. São Paulo: Ed. Balieiro; 1997.
36. Carling C, Le Gall F, Malina RM. Body size, skeletal maturity, and functional characteristics of elite academy soccer players on entry between 1992 and 2003. *J Sports Sci*. 2012;30(15):1683-93.
37. Sallis J, Buono MJ, Freedson, PS. Bias estimating caloric expenditure from physical activity in children. *Sports Med*. 1991;11:203-9.
38. Mirwald RL, Bailey DA. *Maximal Aerobic Power*. London: Sports Dynamics; 1986.
39. Geithner CA, Thomis MA, Vanden Eynde B, Maes HH, Loos RJ, Peeters M, et al. Growth in peak aerobic power during adolescence. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(9):1616-24.



Original

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

O nível de condicionamento físico afeta a magnitude da carga interna de treinamento em jovens jogadores de basquetebol?

P. R. Marcelino^a, A. F. S. de Arruda^a, R. de Oliveira^a, M. Saldanha Aoki^b, C. G. Freitas^a e A. Moreira^a

^aGrupo de estudos e pesquisa em planejamento e monitoramento do treinamento físico e esportivo. Departamento de Esporte. Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil

^bGrupo de estudos em adaptações biológicas ao exercício físico. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

Historia del artículo:

Recibido el 29 de noviembre de 2012

Aceptado el 12 de junio de 2013

Palabras clave:

Deportes colectivos

Percepción subjetiva del esfuerzo

Test de Yo-Yo

Atletas

Baloncesto

RESUMEN

¿El nivel de condición física puede influir en la magnitud de la carga interna del entrenamiento en jóvenes jugadores de baloncesto?

Objetivo. Investigar la influencia de la capacidad de realizar esfuerzos de alta intensidad (CREAI) en la carga interna de entrenamiento (ITL) en jóvenes jugadores de baloncesto.

Método. Fueron evaluados 12 jugadores de baloncesto ($18,6 \pm 0,5$ años, $192 \pm 6,5$ cm y $88,8 \pm 14,5$ kg). El estudio tuvo una duración de cuatro semanas, siendo dos semanas para el período preparatorio (PP) y dos para el período competitivo (CP). En todas las sesiones de entrenamiento fueron realizadas mediciones de la CIT por el método de percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión (PSE). Previamente (PRE) y al finalizar (POST) el período de entrenamiento (cuatro semanas), los atletas realizaron el Yo-Yo Intermittent Endurance Test nivel 2 (Yo-Yo IE2). Para el análisis de los datos se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (Yo-Yo IE2 [PRE y POST] x CIT [General, PP y PC]) ($p < 0,05$).

Resultados. Se observó coeficiente de correlación negativo, clasificado como fuerte entre los resultados del Yo-Yo IE2 PRE y CIT el PP ($r = -0,81$), PC ($r = -0,72$) y el general ($r = -0,80$). Además, se observó coeficiente de correlación de fuerte a muy fuerte entre el Yo-Yo IE2 POST y CIT en PP ($r = -0,83$), PC ($r = -0,66$) y el general ($r = -0,78$).

Conclusión. Los resultados del presente estudio indican la existencia de una fuerte asociación entre la CREAI y la CIT, el que indica la importancia de la vigilancia integrada de estas variables, con el objetivo de ajustar regularmente la carga de entrenamiento.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Does the level of fitness affect the magnitude of internal training load response in young basketball players?

Objective. The aim of this study was to investigate the influence of the ability to perform high intensity effort (HIE) on internal training load (ITL) responses in young basketball players.

Method. Twelve male basketball players took part of the investigation (18.6 ± 0.5 years, 192 ± 6.5 cm e 88.8 ± 14.5 kg). The investigation lasted four weeks, with two weeks of a preparatory period (PP) and two weeks of a competitive period (PC). Session ratings of perceived exertion (session-RPE) method was used to quantify internal training load in every training session. Athletes performed the Yo-Yo Intermittent Endurance Test level 2 (Yo-Yo IE2) before and after the experimental period (4 weeks). For data analysis, Pearson correlation coefficient was used (Yo-Yo IE2 [PRE and POST] x CIT [General (PP and PC), PP and PC]) ($p < 0.05$).

Results. Negative correlation coefficients, classified as "large" to very large", were observed between the performance in the Yo-Yo IE2 PRE and ITL in PP ($r = -0.81$), CP ($r = -0.72$), and in the whole experimental period (PP and CP) ($r = -0.80$) conditions. Correlation coefficients, classified as "large" to "very large", were also observed between the performance in the Yo-Yo IR2 POST and ITL during PP ($r = -0.83$), CP ($r = -0.66$) and General ($r = -0.78$) conditions.

Conclusion. The results of the present study suggest the existence of a strong correlation between the ability to perform HIE and ITL, thus indicating the importance of adopting an integrated monitoring of these variables, aiming to conduct regular adjustments on training load.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Key words:

Team Sports

Ratings of perceived exertion

Yo-Yo Test

Athletes

Basketball

Correspondência:

A. Moreira

Escola de Educação Física e Esporte.

Departamento de Esporte.

Universidade de São Paulo.

Av. Prof. Mello de Moraes, 65.

Cidade Universitária, São Paulo - SP, Brasil.

E-mail: alemoreira@usp.br

INTRODUÇÃO

A validade do método da Percepção Subjetiva de Esforço da sessão (PSE da sessão¹) para a quantificação da carga interna de treinamento (CIT) tem sido comprovada na literatura, através de diferentes delineamentos experimentais conduzidos em modalidades esportivas distintas¹⁻⁹.

Por conta de sua validade e aplicabilidade prática no que concerne ao monitoramento diário do treinamento, a PSE da sessão vem sendo cada vez mais adotada no esporte coletivo^{2,6,9-13}. Uma das vantagens deste método é que a PSE da sessão não requer equipamentos específicos, como monitores de frequência cardíaca e/ou receptores para o GPS (*Global Positioning System*)^{2,14}. Embora, esses equipamentos possam fornecer informações detalhadas sobre a carga interna e externa de treinamento, estes representam custos e requerem um determinado nível de *expertise* para sua operacionalização. Além disso, os métodos acima citados não podem ser utilizados para comparar o estresse de treinamento imposto por diversas formas de exercício e treinamento, que por sua vez, são bastante comuns em esportes coletivos (ex.: treinamento aeróbio vs. treinamento de força)^{9,11,15}.

Apesar desta comprovada validade e ampla utilização da PSE da sessão como método de monitoramento da CIT no esporte coletivo^{3,5-7,12,13}, é possível observar uma importante variabilidade de resposta intragrupos^{6,13}. Esta variabilidade pode ser atribuída, pelo menos em parte, ao fato de que os atletas de esporte coletivo costumam participar da mesma rotina de treinamento, sem possibilidade de se adotar uma rigorosa individualização das cargas. Além disto, fatores como o nível de condicionamento físico, o *status* psicofisiológico e a tolerância ao estresse, associada, por sua vez, à forma com que o atleta consegue lidar em um determinado momento com os estressores inerentes ao treinamento e mesmo àqueles fora do ambiente esportivo, podem influenciar a CIT^{6,13,16-18}.

Entre os fatores relacionados ao nível de condicionamento físico que podem estar envolvidos nessa variabilidade de resposta do método da PSE da sessão, a capacidade de desempenhar repetidas vezes esforços intermitentes, em moderada à alta intensidade, tem recebido grande atenção, pois parece ter um papel determinante no esforço percebido^{6,13}. Em trabalho recente, Manzi et al⁶ relataram que atletas de basquetebol que apresentam melhor desempenho no Yo-Yo *Intermittent recovery test* nível 1 (Yo-Yo IR1) tendem a registrar uma menor PSE da sessão, quando submetidos à mesma carga externa de treinamento. Adicionalmente, Milanez et al¹³ observaram correlação negativa entre o VO₂máx e a CIT acumulada em quatro semanas de treinamento em atletas de futsal, indicando que tanto a capacidade de realização de esforços repetidos de alta intensidade, indicada através do desempenho no Yo-Yo, quanto a potência aeróbia, podem influenciar a magnitude da CIT. Além disso, a capacidade de manutenção da realização proficiente de esforços de alta intensidade tem sido apontada como um importante atributo para o desempenho esportivo de jogadores de basquetebol^{19,20}.

Apesar do crescente interesse de pesquisadores pelo entendimento da demanda metabólica, dos padrões de atividade inerentes ao jogo de basquetebol, e do desempenho dos atletas em testes físicos²¹⁻²³, ainda é escasso o conhecimento da influência do nível de desempenho em esforços repetidos e intermitentes de alta intensidade, na percepção de esforço dos jogadores em sessões de treinamento e competição.

Devido à variabilidade relatada entre atletas de basquetebol, de uma mesma equipe¹⁹, no desempenho no teste de Yo-Yo, seria esperado que os jogadores com melhor desempenho no teste apresentassem menores valores de CIT quando comparados aos seus pares com desempenho inferior, para cargas externas de treinamento semelhantes. O monitora-

mento simples e rápido da CIT, proporcionado pelo método da PSE da sessão, ao longo de uma etapa de preparação pode auxiliar o ajuste individual da carga de treinamento dentro de um grupo de jogadores, mesmo que haja uma significativa variabilidade dentro desse grupo. Adicionalmente, a avaliação do desempenho desses jogadores no teste do Yo-Yo poderia auxiliar o entendimento dos fatores relacionados a esta possível variabilidade de resposta da CIT.

Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a influência da capacidade de desempenhar sucessivos esforços de alta intensidade - estimada através do desempenho no teste do Yo-Yo - sobre a resposta de carga interna de treinamento (CIT) - mensurada através do método da PSE da sessão - durante quatro semanas de treinamento. A hipótese inicial do estudo pressupõe a existência de forte relação entre o desempenho no Yo-Yo e a magnitude da CIT, sendo que os atletas com melhor desempenho apresentariam menor CIT acumulada, comparados aos seus pares com nível inferior, quando submetidos a similar carga externa de treinamento.

MÉTODOS

Sujeitos

Doze jogadores de basquetebol do sexo masculino integrantes de uma equipe semifinalista do Campeonato Paulista (nível estadual; São Paulo, Brasil) de basquetebol da categoria sub-19 (18,6 ± 0,5 anos, 192 ± 6,5 cm e 88,8 ± 14,5 kg) voluntariamente se dispuseram a participar do estudo. Todos os atletas estavam amplamente familiarizados com os procedimentos e medidas realizados na presente pesquisa. Tanto o teste do Yo-Yo, quanto o método da PSE da sessão para quantificação da CIT, foram regularmente utilizados no programa de treinamento dos atletas envolvidos no estudo. Todos os procedimentos de pesquisa foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição, com número de registro 2008/37. Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, antes do início do estudo, após receberem todas as informações necessárias sobre os procedimentos que seriam adotados, riscos e benefícios da investigação.

Delineamento do estudo

O estudo foi realizado em quatro semanas consecutivas de treinamento. A CIT foi monitorada em todas as sessões, incluindo os treinamentos físicos, técnico-táticos e os jogos oficiais (competição). As duas primeiras semanas de investigação (S1 e S2) corresponderam às duas últimas semanas do período preparatório (PP), no qual foi planejada a maior magnitude da carga externa de treinamento (prescrição); a terceira e quarta semanas do delineamento experimental (S3 e S4) corresponderam às duas primeiras semanas do período competitivo (PC), no qual foi planejada, *a priori*, uma redução da carga externa de treinamento, em virtude do início dos jogos oficiais. Durante o período de treinamento os sujeitos realizaram em média 10 sessões de treinamento semanal, com duração de 60 a 120 minutos por sessão. As sessões de treinamento físico foram realizadas pela manhã e contemplaram exercícios de resistência especial, saltos e exercícios com pesos, seguindo padronização e classificação proposta por Moreira²⁴ para o basquetebol. Os treinamentos técnico-táticos ocorriam à tarde, com ênfase nos exercícios de arremessos e suas variações, nas movimentações defensivas, e no sistema de jogo que seria

utilizado pela equipe. A escolha destas quatro semanas de treinamento para a realização do experimento ocorreu para possibilitar a observação do comportamento da CIT em momentos distintos da temporada, ou seja, em semanas de treinamento do PP e também semanas de treinamento do início do PC. Os atletas realizaram o teste Yo-Yo *intermittent endurance test* nível 2 (Yo-Yo IE2) para avaliar a o desempenho em uma tarefa intermitente de alta intensidade, antes do início e após a realização das 4 semanas do experimento.

Yo-Yo intermittent endurance test nível 2 (Yo-Yo IE2)

Para avaliar desempenho em uma tarefa intermitente de alta intensidade, foi utilizado o teste Yo-Yo IE2²⁵. O teste foi realizado em piso de taco e foi mantido o mesmo horário nos dois momentos de avaliação (antes e após período experimental). O teste consiste em percorrer a maior número de vezes uma distância retilínea de 40m (20m ida e 20m volta) de maneira intermitente (com 5 segundos de recuperação). A velocidade em que o atleta deve correr é controlada por sinais sonoros. Um primeiro "bipe" indica que a corrida deve ser iniciada; ao sinal seguinte, o atleta deve atingir o ponto de 20m e iniciar o retorno ao ponto de partida, para que no sinal subsequente tenha percorrido outros 20m, totalizando 40m, e iniciar a recuperação de 5s. Quando decorrido o tempo de recuperação, o sujeito reinicia a corrida. A velocidade do teste é progressiva, ou seja, o tempo entre os sinais sonoros vai progressivamente diminuindo. Os atletas iniciam o teste com velocidade média de 8km/h. O teste é finalizado quando o atleta falha em atingir a velocidade indicada por duas vezes²⁵. A distância total percorrida por cada atleta foi retida para análise. A reprodutibilidade deste teste foi avaliada em estudo recente, revelando baixa variabilidade intrasujeito (teste-reteste; CV = 3,9%)²⁶.

Carga interna de treinamento

Para o cálculo da carga interna de treinamento (CIT) foi utilizado o método da PSE da sessão proposto por Foster et al¹. Trinta minutos após cada sessão de treinamento, os sujeitos registraram a percepção global do esforço, através da escala CR-10, de forma individual, sem contato entre os atletas. O resultado da percepção de esforço multiplicado pela duração do treinamento resultou na CIT. Este valor é expresso em unidades arbitrárias (UA). A soma da CIT de todas as sessões de treinamento de uma mesma semana corresponde a CIT acumulada da semana (CIT-AC). Para análises posteriores, foram utilizados a CIT-AC de cada uma das semanas, assim como a média geral de todo o período experimental (CIT-Geral), média do PP (CIT-PP) e média do PC (CIT-PC).

Estatística

Medidas de tendência central e dispersão foram calculadas e apresentadas como média e desvio padrão. Foi constatada a normalidade dos dados através do teste de Kolmogorov-Smirnov e a homoscedasticidade para a variável CIT, foi testada através do teste de Levene (0,452; $p = 0,718$). O teste *t* de Student para medidas pareadas foi utilizado para verificar as diferenças entre os momentos PRÉ e PÓS (PRÉ período experimental e PÓS período experimental de 4 semanas) no desempenho do Yo-Yo IE2. Uma análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas (semanas como fator repetido) foi aplicada para avaliar o efeito das semanas de treinamento na CIT. O teste *post hoc* de Bonferroni foi utilizado para identificar as diferenças entre os pares quando verificado um F significativo. O nível de significância foi estabelecido em 5%. Foi calculado o

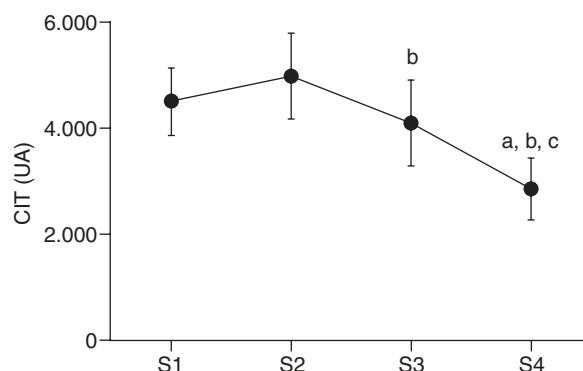


Fig. 1. CIT acumulada semanal para as quatro semanas de treinamento. a: diferente da semana 1; b: diferente da semana 2; c: diferente da semana 3; CIT: carga interna de treinamento; S1: semana 1; S2: semana 2; S3: semana 3; S4: semana 4. Dados expressos em média e desvio padrão.

coeficiente de correlação de Pearson entre os resultados do Yo-Yo IE2 (PRÉ e PÓS) com a CIT-AC das semanas, individualmente, CIT-Geral, CIT-PP e CIT-PC. Para análise dos coeficientes de correlação foi utilizada a escala proposta por Hopkins²⁷, como descrita a seguir: trivial (0,00 - 0,09), pequeno (0,10 - 0,29), moderado (0,30 - 0,49), grande (0,50 - 0,69), muito grande (0,70 - 0,89), quase perfeita (0,90 - 0,99) e perfeita (1). Foi utilizado o pacote estatístico SPSS 20.0 (IBM®) para o tratamento estatístico dos dados.

RESULTADOS

A dinâmica da CIT-AC por semana pode ser observada na figura 1. No período preparatório (S1 e S2) foram observados valores de 4500 ± 639 e 4983 ± 809 U.A., para S1 e S2, respectivamente. No período competitivo, foram identificados valores inferiores (4093 ± 821 e 2853 ± 585 UA, para S3 e S4, respectivamente). Diferenças significativas para a CIT-AC entre as semanas de investigação foram verificadas ($F = 45,255$; $p = 0,000086$). Em relação às comparações por pares, S4 apresentou um menor valor para a CIT em comparação as outras semanas ($p < 0,0001$) e ainda foi observado que a CIT em S2 foi superior àquela observada em S3 ($p = 0,03$) (fig. 1).

Na tabela 1 são apresentados os resultados das correlações entre o desempenho no Yo-Yo PRÉ e Yo-Yo PÓS (antes e após o delineamento experimental) e a CIT. O desempenho no teste de Yo-Yo PRÉ apresentou correlação negativa, classificada como muito grande, com a CIT referente ao período como um todo (Geral; $r = -0,80$), ao PP ($-0,81$) e PC ($r = -0,72$). Também foi observado que o Yo-Yo PÓS apresentou correlação negativa muito grande com a CIT geral ($r = -0,78$) e com a CIT do PP ($-0,83$), e grande com a CIT do PC ($-0,66$).

Na figura 2, são apresentados os valores do desempenho no Yo-Yo, nos momentos PRÉ e PÓS (antes e após as 4 semanas de investigação). O

Tabela 1
Correlações entre a CIT e o Yo-Yo PRÉ e PÓS período experimental

CIT	Yo-Yo PRÉ	Yo-Yo PÓS
GERAL	-0,80 ^a	-0,78 ^a
PP	-0,81 ^a	-0,83 ^a
PC	-0,72 ^a	-0,66 ^b

a: correlação muito grande; b: correlação grande; CIT -GERAL: CIT acumulada média; CIT-PP: CIT referente ao período preparatório; CIT-PC: CIT referente ao período competitivo.

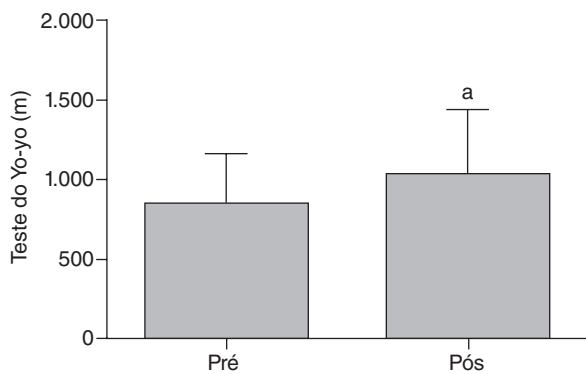


Fig. 2. Valores do desempenho no Yo-Yo (PRÉ e PÓS, antes e após as 4 semanas de investigação). a: diferença significativa entre os momentos PRÉ e PÓS. Dados expressos em média e desvio padrão.

desempenho no Yo-Yo aumentou ($t = -3,873$; $p = 0,008$) quando comparados os momentos PRÉ e PÓS (851 ± 317 e 1022 ± 418 , respectivamente).

DISCUSSÃO

O principal resultado observado no presente estudo foi a correlação negativa entre o desempenho no Yo-Yo IE2 e a CIT. Esse resultado corrobora a hipótese do estudo que pressupunha que os sujeitos com melhor desempenho no Yo-Yo apresentariam menor CIT, em comparação aos seus pares com desempenho inferior, quando submetidos a cargas externas similares.

O resultado da presente investigação reforça os achados de estudos anteriores realizados no esporte coletivo, particularmente, com jogadores de basquetebol e de futsal. Manzi et al⁶ reportaram correlação negativa entre o desempenho no Yo-Yo IR1 e a CIT média ($r = -0,68$) em jogadores de basquetebol, analisando 3 semanas distintas da temporada. Milanez et al¹³, por sua vez, demonstraram correlação negativa entre o VO_2 máx e a CIT acumulada ($r = -0,75$) em jogadores de futsal. No estudo de Milanez et al¹³, os autores sugerem que esta correlação poderia ser explicada em função de uma maior capacidade de recuperação dos jogadores com VO_2 máx mais elevado.

Considerando as evidências do presente estudo e das investigações anteriormente citadas, é possível assumir que existe forte associação entre a condição física do atleta, em especial a capacidade de realizar esforços sucessivos de alta intensidade, e a carga interna de treinamento. Os atletas com melhor desempenho no teste do Yo-Yo, determinado, em parte, pela aptidão aeróbia e pela capacidade de resistir aos esforços repetidos de alta intensidade, reportam carga interna de treinamento mais baixa; e, possivelmente, poderiam se recuperar mais rapidamente de cargas externas de treinamento elevadas quando comparados aos seus pares, com nível inferior de desempenho no teste.

Estes resultados têm implicações práticas bastante importantes. No basquetebol, atletas de uma mesma equipe são comumente submetidos a rotinas semelhantes de treinamento; considerando que os atletas apresentam diferentes níveis de desempenho em tarefas de alta intensidade, e que essas diferenças podem afetar a resposta da CIT, é possível que em uma equipe, se esteja, por um lado, subestimando a carga de treinamento para alguns atletas e, por outro lado, superestimando-a para outros.

A partir da utilização sistemática da PSE da sessão e reconhecendo a influência do nível de desempenho em tarefas, que incluem esforços de alta intensidade, na variabilidade das respostas de CIT dos atletas, os técnicos e preparadores físicos poderiam realizar manipulações das cargas de treinamento (aumentando ou diminuindo a carga externa) e, dessa forma, maximizar as chances de sucesso do treinamento.

A avaliação da capacidade de desempenhar esforços de alta intensidade em jogadores de basquetebol a partir do teste de Yo-Yo não está isenta de questionamento. Diferenças entre os padrões motores específicos da competição e os requeridos no teste de Yo-Yo são evidentes. Entretanto, esta questão também pode ser levantada em relação aos testes considerados como "padrão-ouro", particularmente os incrementais, realizados em laboratório com o objetivo de acessar o consumo máximo ou o pico de consumo de oxigênio. Adicionalmente, este teste (Yo-Yo) tem sido indicado por pesquisadores como um meio confiável e válido para avaliar o desempenho em esforços intermitentes, particularmente em atletas de basquetebol, considerando que o teste apresenta uma estrutura (constructo) que possibilita uma aproximação razoável com as demandas do jogo¹⁹.

Ademais, a capacidade de desempenhar esforços de alta intensidade, é entendida como um importante atributo para o desempenho de atletas de basquetebol^{19,20,24}. Além disto, tem sido demonstrado que o teste do Yo-Yo apresenta correlação com o VO_2 máx mensurado em teste incremental na esteira ($r = 0,77$)¹⁹ e parece ser suficientemente sensível para detectar níveis de fadiga e recuperação decorrentes da manipulação das cargas de treinamento^{24,28,29}.

No que concerne à dinâmica da variação da CIT ao longo do período investigado e as diferenças verificadas entre as semanas de investigação, é possível afirmar que o comportamento da CIT está de acordo com a carga externa de treinamento prevista, reforçando a utilidade e a validade do método para monitoramento da CIT no basquetebol. Neste sentido, vale destacar que foram planejadas cargas mais elevadas no PP, em função da ausência de competição (jogos oficiais) neste período, enquanto que para PC, foi planejada uma redução da carga de treinamento, visando proporcionar uma efetiva recuperação dos atletas, objetivando a otimização do desempenho durante os jogos oficiais^{6,30}.

O comportamento e a dinâmica da CIT ao longo das quatro semanas do estudo em congruência com a carga externa planejada *a priori*, corrobora com a proposição de Manzi et al⁶, indicando que a CIT avaliada pelo método de PSE da sessão é uma alternativa válida e confiável para o monitoramento do treinamento de jogadores de basquetebol, sendo sensível às variações da carga externa e aos diferentes conteúdos de treinamento.

Em conclusão, os resultados do presente estudo indicam a existência de uma forte relação entre desempenho em tarefa que inclui esforços de alta intensidade e carga interna de treinamento. Atletas com melhor desempenho no teste do Yo-Yo reportam uma menor carga interna de treinamento durante os diferentes períodos da temporada, independentemente do tipo de treinamento ou momento da preparação (etapa de preparação ou competição). A relação observada neste estudo sugere que técnicos, treinadores e preparadores físicos, devem avaliar o desempenho no Yo-Yo periodicamente e monitorar a CIT diariamente durante todo o processo de preparação dos jogadores de basquetebol. O resultado no teste do Yo-Yo, em conjunto com o monitoramento diário da CIT, poderia contribuir para a realização de ajustes específicos e individualizados de carga de treinamento.

RESUMO

Objetivo. O objetivo do estudo foi investigar a influência da capacidade de desempenhar sucessivos esforços de alta intensidade (CDEAI) na resposta da carga interna de treinamento (CIT) em jovens jogadores de basquetebol.

Método. Doze jogadores de basquetebol fizeram parte da investigação (18,6 ± 0,5 anos, 192 ± 6,5 cm e 88,8 ± 14,5 kg). O estudo foi realizado em quatro semanas consecutivas de treinamento. As duas primeiras semanas pertencentes ao período preparatório (PP) e as duas últimas ao período competitivo (PC). O método da Percepção Subjetiva de Esforço da sessão (PSE da sessão) foi utilizado para quantificar a carga interna de treinamento (CIT) em todas as sessões de treinamento. Antes (Pre) e após (Pós) o período experimental de 4 semanas, os atletas realizaram o teste de Yo-Yo (Intermittent Endurance test Level 2; Yo-Yo IE2). Para a análise dos dados se utilizou o coeficiente de correlação de Pearson (Yo-Yo IE2 [Pre e Pós] x CIT [Geral (PP e PC), PP e PC]) ($P < 0,05$).

Resultados. Correlações negativas, classificadas como “muito grande” entre os resultados do Yo-Yo IE2 Pre e CIT no PP ($r = -0,81$), PC ($r = -0,72$) e para o período como todo (Geral) (PP e PC) ($r = -0,80$), foram observadas. Correlação classificada como “muito grande” foi observada entre o desempenho no Yo-Yo IE2 Pós e a CIT durante o PP ($r = -0,83$), grande para o PC ($r = -0,66$) e muito grande para o Geral ($r = -0,78$).

Conclusão. Os resultados do presente estudo sugerem a existência de uma forte correlação entre a CDEAI e CIT, indicando assim, a importância de se adotar um monitoramento integrado dessas variáveis, objetivando o ajuste regular da carga de treinamento.

Palavras-chave:

Esporte coletivo.

Percepção subjetiva de esforço.

Teste de Yo-Yo.

Atletas.

Basquetebol.

CONFLITO DE INTERESSES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Referências

- Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(7):1164-8.
- Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport.* 2009;12(1):79-84.
- Coutts AJ, Reaburn P, Piva TJ, Rowsell GJ. Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99(3):313-24.
- Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001; 15(1):109-15.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(6):1042-7.
- Manzi V, D'Ottavio S, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Chamari K, Castagna C. Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(5):1399-406.
- Moreira A, McGuigan MR, Arruda AF, Freitas CG, Aoki MS. Monitoring internal load parameters during simulated and official basketball matches. *J Strength Cond Res.* 2012;26(3):861-6.
- Psycharakis SG. A longitudinal analysis on the validity and reliability of ratings of perceived exertion for elite swimmers. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):420-6.
- Lovell TW, Sirotic AC, Impellizzeri FM, Coutts AJ. Factors affecting perception of effort (session rating of perceived exertion) during rugby league training. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(1):62-9.
- Bresciani G, Cuevas MJ, Garatachea N, Molinero O, Almar M, de Paz JA. Monitoring biological and psychological measure throughout an entire season in male handball players. *European Journal of Sport Science.* 2010;10(6):377-84.
- Lockie RG, Murphy AJ, Scott BR, Janse de Jonge XA. Quantifying session ratings of perceived exertion for field-based speed training methods in team sport athletes. *J Strength Cond Res.* 2012;26(10):2721-8.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci.* 2005;23(6):583-92.
- Milanez VF, Pedro RE, Moreira A, Buloosa DA, Salle-Neto F, Nakamura FY. The role of aerobic fitness on session rating of perceived exertion in futsal players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6(3):358-66.
- Waldron M, Twist C, Highton J, Worsfold P, Daniels M. Movement and physiological match demands of elite rugby league using portable global positioning systems. *J Sports Sci.* 2011;29(11):1223-30.
- Gamble P. Periodization of training for team sports athletes. *Strength and conditioning journal.* 2006; 56-66.
- Rushall BS. A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *Journal of Applied Sport Psychology.* 1990;2(1):51-66.
- Moreira A, Arsati F, Lima-Arsati YBO, Simões AC, Araújo VC. Monitoring stress tolerance and occurrences of upper respiratory illness in basketball players by means of psychometric tools and salivary biomarkers. *Stress and Health.* 2011;27:e166-e177.
- Nicholls AR, Backhouse SH, Polman RC, McKenna J. Stressors and affective states among professional rugby union players. *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19(1):121-8.
- Castagna C, Impellizzeri FM, Rampinini E, D'Ottavio S, Manzi V. The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players. *J Sci Med Sport.* 2008;11(2): 202-8.
- Montgomery PG, Pyne DB, Hopkins WG, Dorman JC, Cook K, Minahan CL. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *J Sports Sci.* 2008;26(11):1135-45.
- Abdelkrim NB. The effect of players' standard and tactical strategy on game demands in men's basketball. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10): 2652-62.
- Matthew D, Delextrat A. Heart rate, blood lactate concentration, and time-motion analysis of female basketball players during competition. *J Sports Sci.* 2009;27(8):813-21.
- Narazaki K, Berg K, Stergiou N, Chen B. Physiological demands of competitive basketball. *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19(3):425-32.
- Moreira A, Oliveira PR, Ronque ERV, Okana AH, Souza M. Análise de diferentes modelos de estruturação da carga de treinamento e competição no desempenho de basquetebolistas no yo-yo intermittent endurance test. *Rev Bras Cienc Esporte.* 2008;29(2):165-83.
- Bangsbo K. Yo-yo test. Copenhagen: August Krogh Institute; 1996.
- Bradley PS, Di Mascio M, Bangsbo J, Krstrup P. The maximal and sub-maximal versions of the Yo-Yo intermittent endurance test level 2 are simply reproducible, sensitive and valid. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1973-5.
- Hopkins W. A Scale of Magnitudes for Effect Statistics. *Sportscience [serial on the Internet].* 2002: Available from: <http://sportssci.org/resource/stats/effectmag.html>.
- Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, et al. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(4):697-705.
- Young WB, Newton RU, Doyle TL, Chapman D, Cormack S, Stewart G, et al. Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules Football: a case study. *J Sci Med Sport.* 2005;8(3):333-45.
- Kelly VG, Coutts AJ. Planning and monitoring training loads during the competition phase in team sports. *Strength and Conditioning Journal.* 2007; 29(4):32-7.



Revisión

Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia

F. Ayala^a, P. Sainz de Baranda^b, A. Cejudo^c y F. Santonja^d

^aCentro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández. Elche. ISEN formación universitaria. Centro adscrito a la Universidad de Murcia. Murcia. España.

^bFacultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia. Murcia. España.

^cCentro Deportivo INACUA-Murcia. Murcia. España.

^dFacultad de Medicina. Universidad de Murcia. Departamento de Traumatología. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia. España.

Historia del artículo:

Recibido: el 2 de junio de 2012

Aceptado: el 1 de septiembre de 2012

Palabras clave:

Test elevación de la pierna recta.

Test del ángulo poplíteo.

Acortamiento.

Rango de movimiento.

Longitud muscular.

RESUMEN

Las pruebas de valoración basadas en medidas angulares son empleadas frecuentemente en el ámbito clínico y científico para estimar y monitorizar la flexibilidad de la musculatura isquiosural. Son varias las pruebas angulares descritas en la literatura científica, entre las que se destacan: a) la prueba de elevación de la pierna recta; b) la prueba del ángulo poplíteo; y c) las pruebas que estudian la disposición de la pelvis y la porción caudal del raquis lumbar en posición de máxima flexión de tronco, diferenciando entre "pruebas lumbo-vertical en flexión" y "pruebas lumbo-horizontal en flexión". Se han descrito limitaciones e inconvenientes para todos los protocolos, fundamentalmente en cuanto a la posible participación de pelvis y raquis, posición de la articulación del tobillo (en flexión dorsal o posición neutra), diferentes límites de normalidad en las exploraciones, aplicación de distinta velocidad y fuerza en la realización de los tests, existencia o no de calentamiento previo y variabilidad de los instrumentos empleados. Esta especificidad metodológica puede repercutir en la decisión final de elección de una u otra prueba por parte de científicos, clínicos y demás profesionales del ámbito de las Ciencias del Deporte. Por ello, los objetivos principales de esta revisión bibliográfica son: describir la metodología de valoración de las pruebas angulares más empleadas en el ámbito clínico y científico; así como aportar valores de referencia que puedan ser utilizados por los profesionales para categorizar la flexibilidad isquiosural como normal o acortamiento.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Angular tests for estimating hamstring flexibility: description of their measurement method and reference values

The assessment tests based on angular measurements are widely used to estimate and monitor hamstring muscle flexibility in both clinic and scientific settings. Several angular assessment tests have been described in the scientific literature, among which stand out: a) the straight leg raise test; b) the knee extension test; and c) the assessment tests that study the hip position and the caudal portion of lumbar spine at maximal trunk flexion position, distinguishing between "vertical hip joint angle" and "horizontal hip joint angle". Several limitations have been reported regarding the precision of these tests to estimate hamstring flexibility, such as: the influence of pelvis and spine movements, the position of the ankle joint (neutral position vs. dorsi-flexion), the use of different cut off values, the magnitude of the strength and speed used to carry on the tests, the warm-up design and the variability of the measurement tools used. This variability in the assessment methodologies might affect the final decision of choosing one or another assessment test by scientists, clinicians, and sport practitioners. Therefore, the main purposes of the current literature review are: to describe the assessments methodology of the most common angular tests used in clinic and scientific settings, as well as to report the cut-off values, which could be used for practitioners in order to categorize the hamstring flexibility as normal or limited.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

F. Ayala

C/ Huerto Manú, n° 5, 3°E.

30009 Murcia

E-mail: Franciscoayalarodriguez@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La valoración de la flexibilidad de la musculatura isquiosural es una práctica habitual en el ámbito de la salud físico-deportiva porque su acortamiento ha sido relacionado con un incremento de la probabilidad de sufrir alteraciones músculo-esqueléticas^{1,2} así como una reducción del rendimiento físico-deportivo³.

La valoración eficaz del estado de esta musculatura requiere de la selección de pruebas diagnósticas que posean un procedimiento exploratorio sencillo, con un reducido gasto humano y material, así como un elevado grado de validez y fiabilidad⁴. La prueba más válida o "gold standard" para la valoración de la flexibilidad isquiosural es la radiografía⁵, sin embargo su uso en el ámbito científico, clínico y deportivo es extremadamente limitado debido a su elevado coste económico, la necesidad de personal altamente cualificado, así como a la elevada sofisticación del procedimiento de exploración. Por ello, en base a los conocimientos anatómicos, se han descrito en la literatura científica diferentes métodos indirectos de exploración de la musculatura isquiosural que requieren menor gasto humano y material.

Las pruebas de valoración basadas en medidas angulares son las que los estudios científicos utilizan con mayor frecuencia para valorar y monitorizar el estado de la musculatura isquiosural tras la aplicación de programas de intervención (por ejemplo estiramientos)⁶. La razón principal de su gran popularidad en el ámbito científico reside en que, a diferencia de otras pruebas exploratorias (*sit-and-reach*), tan sólo involucran el movimiento de una articulación (cadera y rodilla principalmente) y no están influenciadas por factores antropométricos (por ejemplo longitud de brazos y piernas)⁶, lo cual las hace más precisas⁷.

En este sentido, en la literatura científica se pueden encontrar descritas un gran número de pruebas de recorrido angular para la valoración de la flexibilidad isquiosural, entre las que cabe destacar: a) la prueba de elevación de la pierna recta (EPR)⁸, b) la prueba del ángulo poplíteo (AP)⁹ y c) las pruebas que estudian la disposición de la pelvis y la porción caudal del raquis lumbar en posición de máxima flexión de tronco, diferenciando entre "pruebas lumbo-vertical en flexión" (Lv) y "pruebas lumbo-horizontal en flexión" (Lhfx)¹⁰.

Se han descrito limitaciones e inconvenientes en todos los protocolos, fundamentalmente en cuanto a la posible participación de pelvis y raquis^{11,12}, posición de la articulación del tobillo (en flexión dorsal o posición neutra)^{13,14} y el establecimiento de diferentes límites de normalidad en las exploraciones¹⁵⁻¹⁹. Estas diferencias en cuanto a su proceso de evaluación confieren a cada una de estas pruebas de valoración una serie de ventajas e inconvenientes, las cuales podrían repercutir en la decisión final de elección de una u otra por parte de científicos, clínicos y demás profesionales del ámbito de la medicina del deporte.

En base a lo expuesto, los objetivos principales de esta revisión bibliográfica son: a) describir la metodología de valoración de las pruebas angulares más empleadas en el ámbito clínico y científico; así como b) aportar valores de referencia que puedan ser utilizados por los profesionales para categorizar la flexibilidad isquiosural como normal o acortamiento.

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS DE LAS PRUEBAS DE RECORRIDO ANGULAR

Prueba de elevación de la pierna recta

La prueba EPR estima la flexibilidad de la musculatura isquiosural a través del ángulo de la flexión de cadera con rodilla extendida. En este sen-



Fig. 1. Prueba pasiva de elevación de la pierna recta medida con inclinómetro.

tido, el sujeto a explorar se situará en decúbito supino sobre una camilla. Se colocará a) el goniómetro a nivel del eje de giro de la cabeza femoral (ligeramente por encima del extremo proximal del trocánter mayor) y se extenderá el brazo telescópico del mismo hasta la punta del maléolo peroneo¹⁹; o b) el inclinómetro próximo al maléolo peroneo con la varilla telescópica en la línea que representa la bisectriz de la pierna²⁰. Entonces, el examinador realizará una lenta y progresiva flexión de la cadera con rodilla extendida, tomándose el valor angular de la máxima flexión que tolera el individuo o el momento en el cual la pelvis comience a bascular en retroversión. Se considerará 0° en posición de reposo y 90° cuando el miembro inferior está completamente perpendicular a la camilla (fig. 1).

Algunos autores seleccionan la prueba EPR como el mejor método de exploración del grado de acortamiento de la musculatura isquiosural, por su fácil realización y mayor correlación entre sí y con las demás pruebas, siempre que se siga una cuidadosa y metódica exploración, así como una correcta identificación de las anomalías, diferenciando conceptos como tensión, presión, dolor neurológico, irradiado, referido, etc.²¹. Sin embargo, y unido a la habilidad del explorador, un aspecto que puede alterar la calidad del resultado final de la prueba EPR, y con ello la posibilidad de establecer un diagnóstico apropiado de acortamiento de la musculatura isquiosural es: a) la posición del tobillo, y b) la rotación de la pelvis.

Posición del tobillo (flexión plantar frente a flexión dorsal)

A pesar de que el tríceps sural no tiene relación anatómica pero sí funcional con la cadera (articulación requerida durante la maniobra de la prueba EPR), estos músculos pueden alterar el resultado final de la prueba EPR y, en general, de todas las pruebas diagnósticas de la flexibilidad isquiosural, porque tienen implicación sobre la rodilla. Así, cuando la cadera es flexionada con la rodilla extendida y el tobillo en flexión dorsal, toda la cadena muscular posterior del muslo y pierna está sometida a tensión¹⁷.

En este sentido, si se realiza la maniobra exploratoria de la prueba EPR con el tobillo en posición de flexión dorsal, el paciente podría sentir una gran sensación de tirantez en el tríceps sural, especialmente si esta musculatura se encuentra acortada²². Así, el sujeto podría no ser capaz de estirar su musculatura isquiosural al máximo porque la tensión a la que se encuentra sometido el tríceps sural le generaría una sensación de disconfort tal que le llevaría al cese de la prueba²².

Estos posicionamientos teóricos con respecto a la influencia de la posición del tobillo sobre el resultado final de la prueba EPR han sido ratificados a nivel cuantitativo por ciertos estudios previos^{14,23}. Así, Gajdosik et al.²³ examinaron y compararon el efecto de la posición del tobillo (flexión plantar frente a flexión dorsal) sobre el rendimiento en el test EPR activo (AEPR) y pasivo (PEPR) en participantes asintomáticos. Los resultados de este estudio claramente demuestran que los valores de flexión de cadera en ambas pruebas fueron menores con el tobillo en flexión dorsal, en torno a 10°. Asimismo, el análisis post hoc no mostró diferencias significativas entre la prueba AEPR y PEPR. Similares resultados fueron encontrados por Boland y Adams¹⁴, quienes indicaron que la flexión dorsal del tobillo reducía de forma significativa el rango de movimiento (ROM) de la flexión de cadera durante la maniobra del PEPR en torno a 9° en una población de pacientes con dolor lumbar.

Por lo tanto, para evitar la alteración negativa sobre el resultado final de la prueba EPR, que podría ser generada como consecuencia de un posible acortamiento de la musculatura del tríceps sural, se recomienda a científicos, clínicos y demás profesionales del ámbito físico deportivo la colocación de la articulación del tobillo en posición neutra o ligera flexión plantar durante la realización de la maniobra exploratoria EPR.

Rotación de la pelvis

Una de las principales desventajas descritas en la literatura científica sobre el uso de la prueba EPR radica en la gran cantidad de rotación pélvica (plano sagital) que se produce durante su maniobra exploratoria, lo cual podría alterar la validez de los resultados obtenidos^{11,12,24,25}. Además, Bohannon et al.^{12,24} y Santonja²⁶ informan de movimientos laterales de la pelvis que incrementan los resultados obtenidos en la máxima flexión de cadera, aunque tales movimientos no han sido medidos específicamente.

Se ha documentado que la rotación pélvica produce un aumento medio de 28° - 35° en el resultado final del test^{12,24}. Además, se ha observado que el inicio del movimiento de rotación de la pelvis se sitúa al comienzo de la maniobra (6°-9° con la horizontal) y continúa su aumento progresivo a lo largo de la misma^{12,24}. Bohannon et al.^{12,24} encuentran una elevada correlación ($r = 0,89 - 1,00$) entre el incremento de la rotación de la pelvis y el incremento pasivo del ángulo que forma la pierna con la horizontal, de tal forma que cada grado de incremento de la rotación de la pelvis venía acompañado de 2,8° de incremento medio de la pierna con la horizontal. Por tanto, del resultado final de la maniobra de la prueba EPR, un valor medio del 28 % (95 % intervalo de confianza [IC] = 24,4° - 36,2°) proviene del movimiento de rotación de la pelvis con respecto a la horizontal^{11,12,24,25}.

Por todo ello, ciertos autores consideran que en la prueba EPR la musculatura isquiosural presenta un origen no fijo, postulando con ello que el resultado obtenido podría no reflejar el cambio en la longitud de dicha musculatura^{11,12,24}.

Para intentar minimizar el inconveniente de la rotación pélvica, ciertos autores han propuesto determinadas variaciones en el procedimiento exploratorio de la prueba EPR, tales como: a) la aplicación de fijaciones-cinchas en pelvis y/o pierna contralateral^{9,11,27,28}; b) su realización de forma activa^{25,29} y/o bilateral²⁴; así como c) la modificación y/o fijación de la posición inicial de la pelvis^{6,17,25}.

Aplicación de fijaciones-cinchas en pelvis y/o pierna contralateral.

Bohannon¹¹, Cameron y Bohannon²⁷ y Gajdosik y Lusin⁹ proponen la aplicación de cintas inextensibles para fijar la pelvis y/o pierna contrala-

teral, y poder así intentar reducir la magnitud del incremento del movimiento pélvico. En este sentido, Bohannon¹¹ comparó la magnitud del incremento de la rotación de la pelvis con tres métodos distintos de fijación de la misma y/o pierna contralateral durante la maniobra PEPR. Este autor concluyó que la fijación de la pelvis, la fijación de pelvis y pierna contralateral y la fijación aislada de la pierna contralateral no modificaron la magnitud de la rotación en el plano sagital de la pelvis.

Naturaleza de la prueba exploratoria (pasiva-activa) y lateralidad (unilateral-bilateral).

Ciertos autores han propuesto la realización de la flexión de cadera de forma activa durante la maniobra de exploración de la prueba EPR, para tratar con ello de determinar si la rotación de la pelvis se minimizaba^{12,25}. Bohannon et al.¹² observaron que la contribución de la rotación de la pelvis en el resultado final de la prueba EPR era esencialmente la misma durante la maniobra activa y pasiva (menos del 4 % de diferencia en la pendiente a lo largo de todo el ROM). Sin embargo, Cameron et al.²⁵ informaron que la naturaleza de la prueba (activa o pasiva) afectaba significativamente ($p < 0,003$) al ángulo de rotación de la pelvis, con un incremento en la medida para la modalidad pasiva (+3°).

En esta línea, Bohannon¹² y Gajdosik y Lusin⁹ sugieren que las pruebas activas pueden ser más apropiadas para la valoración de la flexibilidad isquiosural que las pruebas pasivas, porque la fuerza aplicada por la musculatura flexora de cadera durante el AEPR podría ser más constante entre intentos. Así, cuando las pruebas pasivas son utilizadas para estimar la longitud muscular y los ángulos articulares, los resultados obtenidos son parcialmente dependientes de la fuerza que es aplicada durante la maniobra por el evaluador⁹. Sin embargo, Fredriksen et al.³⁰ recomiendan la elección de la modalidad pasiva, pues consideran que la realización de la prueba activa requiere de una elevada coordinación intermuscular cuádriceps-isquiosural (gran brazo de palanca), de tal forma que la flexión activa de cadera debe de ir acompañada de una relajación total de la musculatura isquiosural, habilidad ésta muy poco frecuente en personas sedentarias.

Por otro lado, Bohannon et al.²⁴ analizaron si existían diferencias en la magnitud de la rotación de la pelvis entre la prueba EPR unilateral y EPR bilateral, realizando sus modalidades activa y pasiva. Los resultados mostraron que las pruebas bilaterales obtuvieron mayores valores (aunque no significativos) de rotación de la pelvis (43,7° y 37,8° para la modalidad activa y pasiva respectivamente) que sus homónimos unilaterales (34,2° para la flexión activa y 35,4° para la flexión pasiva), con una diferencia mayor del 15 % en la inclinación de la línea de regresión.

Modificación y/o fijación de la posición inicial de la pelvis.

Por último, ciertas acciones han sido descritas en la literatura científica para tratar de modificar la posición inicial de la pelvis y/o la fijación de la misma durante toda la maniobra exploratoria. En este sentido, la ligera flexión de la pierna contralateral ha sido una maniobra propuesta por determinados autores^{17,25} para tratar de conseguir una retroversión inicial (10° - 12°) de la cadera.

En este sentido, Cameron et al.²⁵ examinaron la influencia de la posición inicial de la pierna contralateral (flexionada frente a extendida) sobre el ángulo obtenido en la prueba PEPR y rotación de la pelvis en personas adultas asintomáticas ($n = 22$). Los resultados de este estudio informaron que la posición de la pierna contralateral afecta al ángulo obtenido en la maniobra PEPR (flexionada > extendida) pero no influye significativamente en la cantidad de rotación pélvica producida, aunque sí se observó un ligero incremento en los valores cuando la cadera contralateral permaneció extendida (0,3° en el PEPR y 1,7° en el AEPR).



Fig. 2. Prueba pasiva de elevación de la pierna recta medida con inclinómetro, explorador auxiliar y soporte lumbar.

Fisk³¹ sugiere la utilización de dos exploradores de forma que uno de ellos realiza la prueba y mantiene la pelvis fija con la mano en la espina iliaca antero-superior y el otro efectúa la medición. Santonja et al.^{6,10} han descrito y diseñado un soporte lumbar o “Lumbosant”, estructura rígida que se coloca en la región lumbar amoldándose a la curva lordótica y evitando su inversión y la basculación de la pelvis.

La utilización de un explorador auxiliar y un soporte lumbar rígido podrían ser medidas apropiadas para minimizar la rotación de la pelvis (fig. 2), a diferencia de la propuesta de “presionar” activamente la zona lumbar contra la camilla. Esta última hipótesis está basada en factores empíricos, siendo necesarios más estudios científicos que avalen la misma.

Consideraciones generales

De todo lo anteriormente expuesto se podrían extraer las siguientes conclusiones en relación a los intentos de aislar el movimiento de flexión de cadera con rodilla extendida durante la maniobra exploratoria del test EPR y con ello, obtener un diagnóstico válido del nivel de flexibilidad de la musculatura isquiosural:

- 1) La articulación del tobillo debe de colocarse en posición neutra.
- 2) Se debería apostar por la modalidad pasiva y unilateral, debido a que presenta una mayor sencillez y ambas piernas pueden ser exploradas por separado.
- 3) Para minimizar los movimientos indeseados de la pelvis durante la maniobra exploratoria (rotación e inclinación lateral) se recomienda el empleo de un soporte lumbar rígido, así como de un explorador auxiliar entrenado que fije la pelvis contralateral (fig. 2).

Prueba del ángulo poplíteo

Esta maniobra de valoración de la flexibilidad isquiosural fue inicialmente diseñada para tratar de eliminar las limitaciones observadas durante la puesta en práctica de la prueba EPR, tales como: a) confusión sobre si el tejido que limita la prueba es muscular o neurológico; b) la considerable rotación de la pelvis que ocurre durante la maniobra de EPR, y que puede afectar a su criterio de validez; y c) el elevado brazo de palanca que podría dificultar la aplicación del EPR en personas con debilidad en los músculos flexores de cadera^{9,27}.

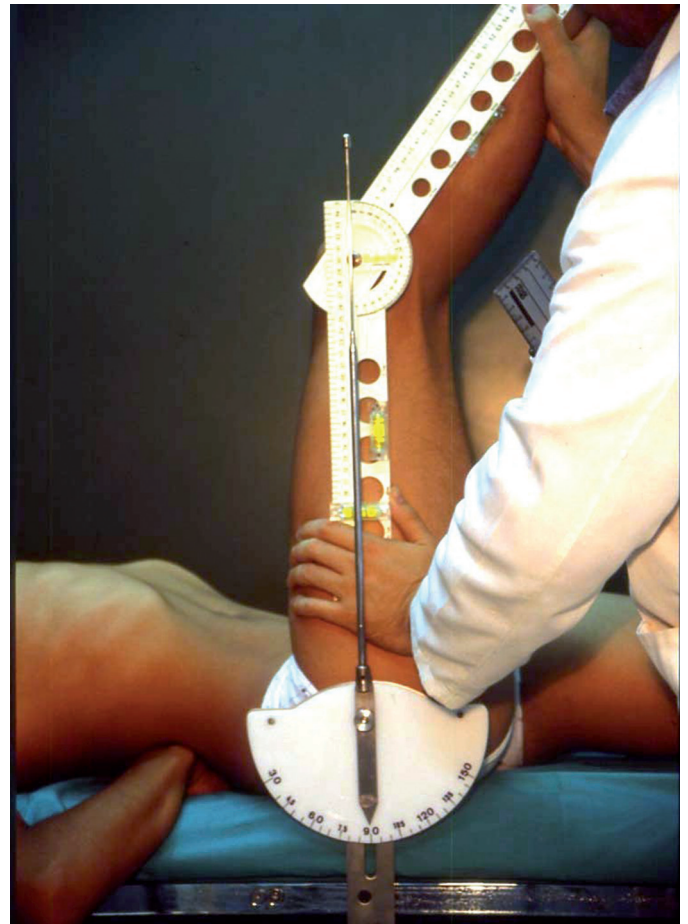


Fig. 3. Prueba pasiva del ángulo poplíteo.

Es una maniobra basada en la medida angular alcanzada por la extensión de rodilla con cadera flexionada^{9,21,32-34}. En decúbito supino se coloca al paciente con cadera y rodilla flexionada a 90° con tobillo en posición neutra, haciendo coincidir el centro del goniómetro con el eje de movimiento de la rodilla o el inclinómetro próximo al maléolo peroneo con la varilla telescópica en la línea que representa la bisectriz de la pierna (fig. 3). A partir de esa posición, se efectúa una extensión a) pasiva (prueba del ángulo poplíteo pasivo [APP]) o b) activa por parte del paciente (prueba del ángulo poplíteo activo [APA]), lenta y progresiva de la rodilla hasta que se alcance una sensación tolerable de estiramiento^{6,9} o se produzca retroversión de la pelvis y corrección de la lordosis lumbar. La cadera debe quedar flexionada a 90° durante toda la maniobra y la pierna contralateral en extensión (fig. 3). La medición se realiza en grados, pudiendo determinarse el ángulo entre tibia y fémur, o más habitualmente, su suplementario considerando cero la extensión completa^{6,9,21,33}.

Sin embargo, la literatura científica ha sugerido que esta prueba presenta inconvenientes similares a los descritos en la maniobra del EPR^{6,9,35}. Al llegar a un determinado grado de extensión de rodilla se produce una basculación pélvica con rectificación de la lordosis lumbar, que haría aumentar el valor de la prueba si no se tiene en cuenta³⁵, aunque para Gajdosik y Lusin⁹ este movimiento podría ser menor que en el EPR al estar la pelvis menos implicada en la ejecución de la prueba. En este sentido, Frediksen et al.³⁰ observaron un movimiento medio de rotación de la pelvis de 4° tras la realización de la prueba APP, lo cual podría no ser clínicamente relevante.

A pesar de ello, ciertos autores recomiendan colocar cinchas en el muslo contra-lateral y pelvis^{9,27} o la participación de un segundo explorador³⁶ para ayudar a su estabilización. En este sentido, Bado³⁷ controla este movimiento con la ayuda de una mano colocada bajo el segmento lumbar.

El grado de flexión de cadera y la velocidad de extensión de la rodilla también podría influir sobre la medición del ángulo³⁸. Otra dificultad añadida estriba en que para aquellas personas que posean más de 90° de flexión de cadera con rodilla extendida no podría precisar su grado exacto de flexibilidad isquiosural, no siendo por tanto una prueba precisa para ellos³⁹. Para tratar de solucionar este problema, Frediksen et al.³⁰ propusieron que la posición inicial de la cadera de la pierna evaluada pasara de los 90° a los 120° de flexión. Igualmente, sujetos que no puedan activamente flexionar la cadera y extender la rodilla no son candidatos para llevar a cabo la prueba APA²⁷.

Otro aspecto que podría influir en la valoración de la flexibilidad isquiosural es la disposición del tobillo durante la maniobra exploratoria de la prueba del AP. En este sentido, Russell et al.⁴⁰ compararon los resultados obtenidos en la prueba APA con tobillo en flexión plantar y con tobillo en flexión dorsal en adultos activos. Los resultados mostraron un mayor ROM activo de la extensión de rodilla cuando la disposición del tobillo fue en flexión plantar ($102,9^\circ \pm 12,6$) en comparación con la posición de flexión dorsal ($96,9^\circ \pm 11,5^\circ$), con un 95 % IC que giró en torno a los $3,6^\circ - 8,3^\circ$.

Finalmente, esta prueba de valoración presenta una gran dificultad técnica para el explorador (afirmación establecida bajo la experiencia clínica de los autores), pues éste debe de prestar atención tanto a la correcta colocación de la articulación de la cadera (90 o 120 grados de flexión) como al movimiento de flexión de rodilla (activo o pasivo), sin que se produzcan en ningún momento movimientos de rotación interna de la cabeza del fémur o tibia.

Por lo tanto, para tratar de obtener un diagnóstico válido del nivel de flexibilidad isquiosural a través del empleo de la prueba exploratoria AP, se recomienda a científicos, clínicos y demás profesionales del ámbito físico-deportivo:

- 1) Seleccionar la prueba AP en su modalidad pasiva debido a su menor complejidad en comparación con la modalidad activa.
- 2) En pacientes que presenten elevados niveles de flexibilidad disquiosural se recomienda colocar la articulación de la cadera fija en 120° de flexión.
- 3) La articulación del tobillo debe de colocarse en posición neutra.
- 4) Emplear un soporte lumbar fijo, así como un explorador auxiliar entrenado que limiten los movimientos indeseados de la pelvis.

Prueba lumbo-vertical en flexión y prueba lumbo-horizontal en flexión

Descritos inicialmente por Santonja y Martínez¹⁹ y posteriormente desarrollados por Kendall et al.¹⁷, los ángulos "lumbo-vertical" (Lv) y "lumbo-horizontal" (Lhfx) en flexión máxima de tronco o "hip joint angle" (HJA) miden la basculación de la pelvis o su retroversión (en caso de acortamiento), con la vertical u horizontal, lo que nos da información sobre las posibles repercusiones del acortamiento isquiosural en dicha región⁶.

La justificación anatómica de su utilización radica en que al estar la musculatura isquiosural insertada en la tuberosidad isquiática de la pelvis, su flexibilidad debería tener una influencia directa sobre los movimientos de flexión máxima de tronco^{41,42}. En este sentido, Santonja et



Fig. 4. Medición del ángulo lumbo-horizontal en flexión.

al.¹⁰ consideran de gran interés medir el ángulo lumbo-horizontal en flexión, porque evidencia las dificultades de la pelvis para mantener su verticalidad en posiciones de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas, cuantificándose así su retroversión y, del mismo modo, la influencia de la musculatura isquiosural sobre la pelvis.

Estos ángulos suelen ser medidos durante las maniobras de evaluación de las pruebas *sit-and-reach*, es decir, con la posición de partida del paciente sentado (Lhfx) o de pie (Lv) con las piernas extendidas y tobillos a 90° de flexión, solicitándole que flexione al máximo su tronco hacia adelante para alcanzar/sobrepasar la punta de los pies. En la posición de máxima flexión obtenida se mide el ángulo de apertura anterior existente entre el sacro y la porción más caudal del raquis lumbar con la vertical (fig. 4) u horizontal (fig. 5), aunque en la actualidad se utiliza la medición del ángulo suplementario para que un mayor ángulo se corresponda con un mayor nivel de flexibilidad, y con ello unificar criterios con el resto de pruebas exploratorias¹⁰. Esto es, se ha de apoyar una de las ramas del goniómetro sobre las espinosas de L5 a S2 manteniendo vertical (Lv) u horizontal (Lhfx) la otra, por lo que se ha de restar 180° al ángulo obtenido (por ejemplo, medimos un Lhfx = 60°; al ser el suplementario $180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$)^{6,10}.

Al igual que ocurría con la prueba EPR, la posición del tobillo podría alterar el resultado final del ángulo Lhfx y Lv. Puesto que dicho ángulo suele ser medido durante las maniobras exploratorias de las pruebas clásicas *sit and reach* y *toe touch*, la posición del tobillo es de 90° de flexión dorsal. Por ello, y siguiendo la misma argumentación que en apartados anteriores, personas con acortamiento del tríceps sural podrían obtener un diagnóstico erróneo del grado de flexibilidad isquiosural.

En este sentido, Cardoso et al.⁴³ proponen la medición del ángulo de inclinación de la pelvis con el tobillo en posición neutra para evitar la



Fig. 5. Medición del ángulo lumbo-vertical en flexión.

posible influencia negativa del tríceps sural. Posteriormente, Kawano et al.²² informan que la posición del tobillo altera significativamente el resultado final de la máxima flexión de tronco, siendo mayores los valores obtenidos cuando el tobillo se coloca en posición neutra (95 % IC de la diferencia media = 3,5° - 4,9°). Además, la magnitud de la diferencia media no difiere entre sexos.

Estas pruebas exploratorias son un intento de realizar una valoración más sencilla de la flexibilidad isquiosural, sin las limitaciones del resto de pruebas angulares (necesidad de dos exploradores, rotación pélvica) y lineales (influencia de factores antropométricos y movimientos de articulaciones como la escapular y vertebral)⁴¹. Sin embargo, estas pruebas exploratorias podrían ser menos apropiadas que las pruebas anteriormente descritas porque involucran un movimiento global de todo el cuerpo (flexión máxima de tronco), a diferencia de las pruebas EPR y AP que únicamente solicitan el movimiento monoarticular de flexión de cadera o extensión de rodilla respectivamente⁴¹. Además, la prueba Lhfx podría no ser válida en aquellos sujetos que por poseer un excesivo acortamiento de la musculatura isquiosural o debilidad de la musculatura del tronco no son capaces de mantener una posición de sentado sobre una superficie plana durante varios segundos⁴³.

VALORES DE REFERENCIA DE LAS DIFERENTES PRUEBAS DE RECORRIDO ANGULAR

Hoy en día, no existe unanimidad al fijar los límites de normalidad y acortamiento de las diferentes pruebas de recorrido angular (tabla 1).

Tabla 1
Intervalos de normalidad y cortedad para los test PEPR, APP, APA, Lhfx y Lv

Flexibilidad isquiosural	PEPR	APP	APA	Lhfx	Lv
Normal	$\geq 90^{\circ 17,48,49}$ $\geq 80^{\circ 17,39,44,45,46}$ $\geq 75^{\circ 15}$ $\geq 70^{\circ 47,48}$	$\leq 15^{\circ 6,21,34}$ $\leq 20^{\circ 51}$ $\leq 30^{\circ 47}$	$\leq 15^{\circ}-20^{\circ 33,52}$	$\geq 80^{\circ 17}$ $\geq 71^{\circ 10,15}$	$\geq 65^{\circ 15}$
Grado I	$61^{\circ}-74^{\circ 15}$	$16^{\circ}-34^{\circ 15}$	$\geq 20^{\circ 33,52}$	$70^{\circ}-63^{\circ 10,15}$	$\leq 64^{\circ 15}$
Grado II	$\leq 60^{\circ 15}$	$\geq 35^{\circ 15}$		$\leq 63^{\circ 10,15}$	

PEPR: prueba pasiva de elevación de la pierna recta; APP: prueba pasiva del ángulo poplíteo; APA: prueba activa del ángulo poplíteo; Lv: prueba lumbo-vertical en flexión; Lhfx: prueba lumbo-horizontal en flexión; °: grados.

Hay que tener en cuenta, que sería necesario conocer qué valores de referencia se pueden utilizar como indicadores de “buena” flexibilidad o “mala” flexibilidad, con el objetivo de determinar el nivel de flexibilidad de una persona y determinar si es necesario introducir un programa de intervención que mejore esos valores.

Con relación a la musculatura isquiosural, Santonja²⁶ expone que existen dos grados de acortamiento. El grado I o leve, el más frecuente, y la marcada o grado II, que en una altísima proporción produce repercusiones sobre el raquis lumbar y en ocasiones sobre el raquis dorsal.

Por lo que respecta a la interpretación de los resultados obtenidos a partir de la prueba EPR, determinados autores^{17,39,44-46} establecen como valores de normalidad aquellos que superen los 80° de flexión pasiva de cadera con rodilla extendida. Bandy e Irion⁴⁷ y Li et al.⁴⁸ disminuyen la cifra anterior, pues consideran valores normales aquellos que superen los 70° de flexión de cadera con rodilla extendida. Por su parte, Cosentino⁴⁹ y Kapandji⁵⁰ marcan la normalidad en los 90° de flexión de cadera con rodilla extendida. Sin embargo, ninguno de los autores anteriores^{17,49,50} establece límites en los casos de acortamiento, ni una graduación de acuerdo a su gravedad. Tan sólo Ferrer¹⁵ establece los límites de dos grados de acortamiento isquiosural, basándose en los resultados obtenidos en la prueba PEPR y siguiendo la terminología establecida años antes por Santonja²⁶. En este sentido, Ferrer¹⁵ establece como valor normal los mayores o iguales a 75° de flexión de cadera, acortamiento leve o moderado o de grado I aquellos que se sitúan entre 61°-74° y marcado acortamiento o de grado II si los valores son menores o iguales a 60°.

Para la prueba APP han sido considerados valores normales entre 0° - 15° de flexión de la rodilla, acortamiento moderado entre 16° - 34°; y marcado si los valores son iguales o superiores a 35°^{6,21,34}. Otros estudios establecen el acortamiento isquiosural como 30° hasta la extensión de rodilla con la cadera a 90° de flexión⁴⁷, e incluso otros reducen el ángulo hasta 20° para la extensión de rodilla⁵¹. Por su parte, para la maniobra APA, valores por encima de 15° - 20° de flexión de rodilla han sido considerados como normales⁵².

Por último, como valores de referencia para el Lhfx (medido a través de la prueba *sit and reach*), Santonja et al.⁶ consideran valores normales hasta 71°, acortamiento grado I entre 70° y 63°, y acortamiento grado II cuando dicho grado es menor o igual a 62°. Por su parte, Kendall et al.¹⁷ consideraron valores de normalidad los superiores a 80° de inclinación de pelvis, lo cual equivalía a valores mayores de 80° en la prueba PEPR. Para el ángulo Lv (medido a través de la prueba *toe touch*), valores iguales o superiores a 65° son considerados normales, indicando acortamiento los valores por debajo de 64°^{6,15}.

Recientemente, el ángulo de inclinación de la pelvis ha sido descrito en el momento de máxima flexión de tronco medida a través de las pruebas de recorrido lineal V *sit and reach*⁷, modificado *back saver sit and reach*⁷ y *back saver sit and reach*⁵³. En este sentido, las diferentes posiciones de ejecución de los distintos protocolos *sit and reach* (unilateral o bilateral, en sedentación o bipedestación, con más o menos flexión de la cadera no evaluada, con abducción coxofemoral o no, así como por el uso o no de un cajón de medición) utilizados para la valoración del ángulo de inclinación de la pelvis generan diferencias significativas en los resultados obtenidos⁷. Por tanto, no sería apropiado el uso de similares valores de referencia de normalidad y acortamiento isquiosural en el ángulo de inclinación de la pelvis obtenido a través de los diferentes protocolos *sit and reach*.

ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Son numerosas las variaciones que, de las distintas pruebas de recorrido angular, han sido propuestas por determinados autores a lo largo de los años. Todas estas variaciones han tratado de minimizar aquellos movimientos que podrían afectar al movimiento “puro” de máxima flexión de cadera con rodilla extendida y al movimiento “puro” de máxima extensión de rodilla con cadera flexionada 90°. Sin embargo, las posibles ventajas atribuidas a las diferentes propuestas con respecto a sus originarios son, en muchos casos, fruto de posicionamientos empíricos y del establecimiento de hipótesis puramente teóricas. Por ello, se requiere de más estudios de análisis cinemático que valoren si la magnitud de los movimientos perturbadores de las diferentes maniobras exploratorias se ven reducidos como consecuencia de la introducción de una nueva variante propuesta. En este sentido, sería muy interesante un estudio

detallado del movimiento de la cadera (rotación e inclinación en el plano sagital) durante la prueba PEPR medida con soporte lumbar y un explorador auxiliar que fijase la pelvis con la mano.

CONCLUSIONES

Todas las pruebas de estimación de la flexibilidad isquiosural anteriormente descritas han sido ampliamente empleadas en la literatura científica como herramientas para a) categorizar el estado de la musculatura isquiosural de un sujeto o grupo de ellos y b) evaluar la eficacia de la respuesta ante programas de mejora de la flexibilidad isquiosural.

Tras el análisis de la bibliografía y teniendo en cuenta parámetros procedimentales se puede concluir que:

Tabla 2

Propuesta metodológica, descripción de las ventajas e inconvenientes y valores de referencia de las pruebas exploratorias de la flexibilidad isquiosural

Prueba exploratoria	Ventajas e inconvenientes	Valores de referencia
<p><i>Prueba de elevación de la pierna recta</i> El sujeto a explorar se situará en decúbito supino sobre una camilla, con sus piernas estiradas y la articulación del tobillo en posición neutra. Un soporte lumbar rígido será empleado para mantener la curva lordótica dentro de los valores de normalidad. Un explorador auxiliar entrenado deberá mantener la pierna contralateral estirada (mano izquierda) y fijar la pelvis (mano derecha) para minimizar los movimientos de rotación e inclinación lateral de la misma. Entonces, el administrador de la prueba colocará el inclinómetro próximo al maléolo peroneo con la varilla telescópica en la línea que representa la bisectriz de la pierna (mano derecha) y la mano libre (izquierda) será colocada sobre la rodilla de la misma pierna para evitar la flexión de rodilla. A partir de aquí, la cadera del paciente será pasivamente movida por el administrador del test hasta su máxima flexión. El resultado final de la prueba en grados será determinado por uno o ambos de los siguientes criterios: a) cuando el administrador del test y/o paciente perciban una fuerte resistencia y/o b) cuando el explorador auxiliar palpe el inicio de la retroversión o inclinación lateral de la pelvis (fig. 2).</p>	<p><i>Ventajas:</i> Permite la evaluación de ambas piernas por separado Gran precisión en el diagnóstico Todos los pacientes pueden ser evaluados, independientemente de su nivel de flexibilidad isquiosural</p> <p><i>Inconvenientes:</i> Precisa de dos exploradores entrenados Posibles movimientos perturbadores de rotación e inclinación lateral de la pelvis</p>	<p>Normalidad: $\leq 75^\circ$ Acortamiento grado I: $61^\circ - 74^\circ$ Acortamiento grado II: $\leq 60^\circ$</p>
<p><i>Prueba del ángulo poplíteo</i> En decúbito supino se colocará al paciente con cadera y rodilla flexionada a 90°, con tobillo en posición neutra, quedando la cadera y rodilla contralateral extendidas. Un soporte lumbar rígido será empleado para mantener la curva lordótica dentro de los valores de normalidad. Un explorador auxiliar entrenado deberá mantener la pierna contralateral estirada (mano izquierda) y fijar la pelvis (mano derecha) para minimizar los movimientos de rotación e inclinación lateral de la misma. El administrador del test hará coincidir el centro del goniómetro (con burbuja de nivel incorporada) con el eje de giro de la rodilla (mano izquierda). A partir de esa posición, se efectuará una extensión pasiva de rodilla lenta y progresiva (mano derecha) hasta que el paciente alcance una sensación tolerable de estiramiento o se produzca retroversión de la pelvis y corrección de la lordosis lumbar (explorador auxiliar) (fig. 2).</p>	<p><i>Ventajas:</i> Permite la evaluación de ambas piernas por separado Gran precisión en el diagnóstico Mínimos movimientos perturbadores de rotación e inclinación lateral de la pelvis</p> <p><i>Inconvenientes:</i> Precisa de dos exploradores entrenados Prueba no válida para pacientes con elevado nivel de flexibilidad isquiosural Gran dificultad técnica</p>	<p>Normalidad: $\leq 15^\circ$ Acortamiento grado I: $16^\circ - 34^\circ$ Acortamiento grado II: $\geq 35^\circ$</p>
<p><i>Prueba lumbo-vertical (Lv) y lumbo-horizontal (Lhfx) en flexión</i> El paciente a explorar se situará en posición de sentado (Lhfx) o de pie (Lv) con ambas piernas estiradas y tobillos en posición de 90° de flexión dorsal. A partir de aquí, el paciente realizará un movimiento de flexión de tronco lento y progresivo con rodillas extendidas hasta alcanzar una sensación tolerable de estiramiento. En este momento, el administrador del test colocará el extremo anterior del goniómetro en la primera vértebra sacra, apoyando la rama del mismo directamente sobre las apófisis espinosas lumbo-sacras, mientras que la otra rama del goniómetro (con burbuja de nivel incorporada) se situaba horizontalmente (Lhfx) o verticalmente (Lv), obteniéndose el valor angular. El resultado final de la prueba será determinado como el ángulo suplementario al leído en el goniómetro ($180^\circ - \text{ángulo del goniómetro}$) (figs 3 y 4).</p>	<p><i>Ventajas:</i> Precisa un único explorador Gran sencillez metodológica No movimientos perturbadores de rotación e inclinación lateral de la pelvis</p> <p><i>Inconvenientes:</i> No permite la evaluación de ambas piernas por separado Moderada precisión en el diagnóstico por ser un movimiento global y estar influenciado por el posible acortamiento del tríceps sural Pacientes con debilidad de la musculatura abdominal y pobres valores de flexibilidad no podrán ejecutar la prueba Lhfx por no ser capaces de mantener la posición de sentado.</p>	<p>Lhfx Normalidad: $\geq 71^\circ$ Acortamiento grado I: $70^\circ - 63^\circ$ Acortamiento grado II: $\leq 63^\circ$ Lv Normalidad: $\geq 65^\circ$ Acortamiento: $\leq 64^\circ$</p>

- 1) Las pruebas de recorrido angular EPR y AP podrían ser las más apropiadas para estimar la flexibilidad isquiosural, debido principalmente a que una única articulación es requerida durante la exploración (cadera o rodilla), a diferencia de las pruebas Lhfx y Lv que implica un movimiento global activo del cuerpo.
- 2) La prueba AP presenta un menor movimiento de rotación e inclinación lateral de cadera que la maniobra EPR, lo cual permite una mejor valoración de la flexibilidad isquiosural. Sin embargo, el empleo de dos exploradores y un soporte lumbar durante la prueba EPR podría minimizar estas diferencias. Además, para aquellas personas que posean más de 90° de flexión de cadera con rodilla extendida la prueba AP no puede precisar su grado exacto de flexibilidad isquiosural.
- 3) Son necesarios más estudios cinemáticos que analicen las diferentes variantes que de las pruebas EPR y AP han sido propuestas por la literatura científica.

Finalmente, en la tabla 2 se presenta una propuesta metodológica y valores de referencia de cada una de las tres pruebas exploratorias de estimación de la flexibilidad isquiosural analizadas. Dicha propuesta está basada en las conclusiones obtenidas tras el análisis de la literatura científica y pretende ser un primer marco de referencia a partir del cual se desarrollen diferentes estudios científicos que ratifiquen su validez.

Financiación

Este trabajo es resultado del proyecto (06862/FPI/07) financiado con cargo al Programa de Formación de Recursos Humanos para la Ciencia y Tecnología de la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia. A su vez, este trabajo es resultado de la ayuda concedida por la Fundación Séneca en el marco del PCTRM 2007-2010, con financiación del INFO y FEDER de hasta un 80 %.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Cailliet R. Low back pain syndrome. Philadelphia: Davis, FA; 1988.
2. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 2002;30(2):199-203.
3. Andersen JC. Flexibility in performance: Foundational concepts and practical issues. *Athle Ther Today.* 2006;3:9-12.
4. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30(1):1-15.
5. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion: Review of goniometry, emphasizing reliability and validity. *Phys Ther.* 1987;67:1867-72.
6. Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección.* 1995;4(2):81-91.
7. López-Miñarro PA. Validez de criterio del ángulo lumbo-horizontal en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. *Cultura, Ciencia y Deporte.* 2010;5:25-31.
8. Forst JJ. Contribution to the clinical study of sciatica. *Neurological Classics XXII. Arch Neurol.* 1969;21:220-1.
9. Gajdosik R, Lusin G. Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. *Phys Ther.* 1983;63(7):1085-8.
10. Santonja F, Andújar P, Martínez I. Ángulo lumbo-horizontal y valoración de repercusiones del síndrome de isquiosurales cortos. *Apunts.* 1994;21:103-11.
11. Bohannon RW. Cinematographic analysis of the passive straight-leg-raising test for hamstring muscle length. *Phys Ther.* 1982;52(9):1269-74.
12. Bohannon R, Gajdosik R, LeVeau BF. Contribution of pelvic and lower limb motion to increases in the angle of passive straight leg raising. *Phys Ther.* 1985;65(4):474-6.
13. Boland R, Adams R, Traiforis C, Tsang CY. The effect of ankle dorsiflexion on range and reliability of passive straight leg raising. *Proceedings of the Ninth Biennial Conference of the Manipulative Physiotherapists Association of Australia, Gold Coast, 1995:11.*
14. Boland RA, Adams D. Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *Aust J Physiother.* 2000;46:191-200.
15. Ferrer V. Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 1998.
16. Gajdosik RL, Albert CA, Mitman JJ. Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20:213-9.
17. Kendall FP, McCreary EK, Provance, PG. *Muscle Testing and Function* (4th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1993.
18. Palmer ML, Epler ME. Fundamentos de las técnicas de la evaluación musculoesquelética. *Paidotribo.* 2002;315-416.
19. Santonja F, Martínez I. Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. En: Santonja F, Martínez I editores. *Valoración médico deportiva del escolar.* Murcia: Universidad de Murcia; 1992. p. 245-58.
20. Sainz de Baranda P, Ayala F. Chronic flexibility improvement after 12 week stretching program utilizing the ACSM recommendations: Hamstring flexibility. *Int J Sports Med.* 2010;31:1-8.
21. Ferrer V, Santonja F, Carrión M. Síndrome de isquiosurales cortos y actividad física. En: Ferrer V, Martínez L, Santonja F, coords. *Escolar: Medicina y Deporte.* Albacete: Diputación Provincial de Albacete; 1996. p. 283-96.
22. Kawano MM, Ambar G, Oliveira BIR, Boer MC, Cardoso APRG, Cardoso JR. Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(1):10-5.
23. Gajdosik RL, LeVeau BF, Bohannon RW. Effects of ankle dorsiflexion on active and passive unilateral straight leg raising. *Phys Ther.* 1985;65(10):1478-82.
24. Bohannon RW, Gajdosik RL, LeVeau BF. Relationship of pelvic and thigh motions during unilateral and bilateral hip flexion. *Phys Ther.* 1985;65(10):1501-4.
25. Cameron DM, Bohannon R, Owen SV. Influence of hip position on measurements of the straight leg raise test. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(3):168-72.
26. Santonja F. Exploración clínica v radiográfica del raquis sagital. Sus correlaciones [Premio SOMUCOT-91]. Murcia: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Murcia. 1993.
27. Cameron DM, Bohannon R. Relationship between active knee extension and active straight leg raise test measurements. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;17(5):257-60.
28. Gajdosik RL, Rieck MA, Sullivan DK, Wightman SE. Comparison of four clinical tests for assessing hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(5):614-8.
29. Hoehler FK, Tobis JS. Low back pain and its treatment by spinal manipulation: Measures of flexibility and asymmetry. *Rheumatol Rehabil.* 1982;21(1):21-6.
30. Fredriksen H, Dagfinrud H, Jacobsen V, Maehlum S. Passive knee extension test to measure hamstring muscle tightness. *Scand J Med Sci Sports.* 1997;7:279-82.
31. Fisk JW. The passive hamstring stretch test: Clinical evaluation. *NZ Med J.* 1979;89:209-11.
32. Bado JL, Barros PC, Ruiggiero A, Navillat M. Análisis estadístico de la frecuencia del síndrome de "retracción de los isquiotibiales" estudiado en colectividades infantiles sanas y su relación con el dorso curvo. *Anales de la Facultad de Medicina de Montevideo.* 1964;49(1-2):328-37.
33. Davis DS, Quinn RO, Whiteman CT, Williams JD, Young CR. Concurrent validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.* 2008;22(2):583-8.
34. Ferrer V, Santonja F, Carrión M, Martínez L. Comparación de dos tests (E.P.R. y Poplíteo) para el diagnóstico del síndrome de isquiosurales cortos. *Arch Med Deporte.* 1994;30(43):247-54.
35. Ledoux P. L'extensibilité des ischio-jambiers. *Kinésithérapie Scientifique.* 1992;313:6-8.
36. Reade E, Hom L, Hallum A, Lopopolo R. Changes in popliteal angle measurement in infants up to one year of age. *Devel Med & Child Neurology.* 1984;26:774-80.
37. Bado JL. *Dorso Curvo.* Montevideo: Artecólor; 1977.
38. Katz K, Rosenthal A, Yosipovitch Z. Normal Ranges of Popliteal Angle in Children. *J Pediatr Orthop.* 1992;12:229-31.
39. Kuo L, Chung W, Bates E, Stephen J. The hamstring index. *J Pediatr Orthop.* 1997;17(1):78-88.
40. Russell PJ, Decoster LC, Enea D. Effects of gastrocnemius, hamstring, and combined stretching programs on knee extensibility. *Athle Train Sports Health Care.* 2010;2(2):67-73.
41. López-Miñarro PA, Rodríguez-García PL, Yuste JL, Alacid F, Ferragut C, García A. Validez de la posición del raquis lumbo-sacro en flexión como criterio de extensibilidad isquiosural en deportistas jóvenes. *Arch Med Deporte.* 2008;25(124):103-10.
42. Congdon R, Bohannon R, Tiberio D. Intrinsic and imposed hamstring length influence posterior pelvic rotation during hip flexion. *Clin Biom.* 2005;20:947-51.

43. Cardoso JR, Azevedo NCT, Cassano CS, Kawano MM, Ambar G. Intra and interobserver reliability of the angular kinematic analysis of the hip during the sit-and-reach test for measuring the length of hamstring muscles in university students. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11(2):119-23.
44. Hellsing AL. Tightness of hamstring and psoas mayor muscles. A prospective study of back pain in young men during their military service. *Ups J Med Sci.* 1988;93:267-76.
45. Goeken LN, Hof AL. Instrumental straight-leg raising: results in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74:194-203.
46. Travell T, Simons F. Dolor y disfunción miofascial. El manual de los puntos gatillo. Volumen 2. Extremidades inferiores. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2004.
47. Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 1994;74:845-50.
48. Li Y, McClure PM, Pratt N. The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending. *Phys Ther.* 1996;76(8):836-49.
49. Cosentino R. Raquis: semiología con consideraciones clínicas y terapéuticas. Buenos Aires: El Ateneo; 1985.
50. Kapandji IA. Cuadernos de Fisiología Articular. Tronco y raquis. (Tomo 3°, 2ª edición). Barcelona: Masson; 2002.
51. Spornoga SC, Uhl TL, Arnol BL, Gonsneder BM. Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. *J Athl Train.* 2001;36:44-8.
52. Magee DJ. Orthopedic Physical Assessment. Philadelphia: Saunders, 2002.
53. López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, Rodríguez-García PL. A comparison of the sit-and-reach test and back-saber sit-and-reach test in university students. *J Sports Sci Med.* 2009;8:116-22.

Te sientes bien. Te diviertes.

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

¿Por qué no te animas a practicarlo?



Deporte
de por
vida

andalucía,

Andalucía



JUNTA DE ANDALUCIA

CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE

CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

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

Teléfono
955 540 186

Fax
955 540 623

e-mail
ramd.ccd@juntadeandalucia.es