

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 5 Número. 2

Junio 2012



Originales

Hypotensive acute effect of a combined resistance and walk-based exercise among over 65-year old community-dwelling women

Spectral analysis of electromyographic signal in supramaximal effort in cycle ergometer using Fourier and Wavelet transforms: a comparative study

Influencia del tapiz rodante sobre la variabilidad de la marcha en sujetos jóvenes y sanos

Revisiones

Fiabilidad y validez de las pruebas sit-and-reach: revisión sistemática

Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: análisis de la fiabilidad y validez

Ejercicio excéntrico declinado en la tendinopatía patelar crónica: revisión sistemática

ISSN: 1888-7546

MEDICINA INTERNA Y CARDIOLOGÍA, FISIOLÓGIA, 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

Coordinación Editorial

Salvador Espinosa Soler
Clemente Rodríguez Sorroche

Comité Editorial

José Ramón Alvero Cruz
(Universidad de Málaga, España)

Juan de Dios Beas Jiménez
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)

Eloy Cárdenas Estrada
(Universidad de Monterrey, México)

José Alberto Duate
(Universidade do Porto, Portugal)

Russell Foulk
(University of Washington, USA)

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

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

Nicola A. Maffioletti
(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)

Alexandre García Mas
(Fundación Mateu Orfila, 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 2012 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

Pruebas de Esfuerzo **Ultima Cardio2**



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

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

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

Isocinético **HUMAC NORM**



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

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

Ondas de Choque **BTL**



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

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

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 5 Número 2

Junio 2012

Sumario

Originales

- 41 Hypotensive acute effect of a combined resistance and walk-based exercise among over 65-year old community-dwelling women
J. del Pozo-Cruz, B. del Pozo-Cruz, E.C. Rodríguez Bies, R.M. Alfonso-Rosa, P. Navas y G. López-Lluch
- 48 Spectral analysis of electromyographic signal in supramaximal effort in cycle ergometer using Fourier and Wavelet transforms: a comparative study
R.S. Oliveira, R.E. Pedro, H. Bortolotti, R.A. da Silva, T. Abrão, J.M. Altimari, T.V. Camata, A.C. Moraes y L.R. Altimari
- 53 Influencia del tapiz rodante sobre la variabilidad de la marcha en sujetos jóvenes y sanos
M.D. Sánchez, B. de la Cruz, J. Algaba, M.Á. Lagos y J. Naranjo

Revisiones

- 57 Fiabilidad y validez de las pruebas *sit-and-reach*: revisión sistemática
F. Ayala, P. Sainz de Baranda, M. de Ste Croix y F. Santonja
- 67 Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: análisis de la fiabilidad y validez
F. Ayala, P. Sainz de Baranda, A. Cejudo y F. Santonja
- 75 Ejercicio excéntrico declinado en la tendinopatía patelar crónica: revisión sistemática
F. Araya Quintanilla, H. Gutiérrez Espinoza, R. Aguilera Eguía, N. Polanco Cornejo y J.J. Valenzuela Fuenzalida

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 5 Number 2

June 2012

Contents

Original Articles

- 41 Hypotensive acute effect of a combined resistance and walk-based exercise among over 65-year old community-dwelling women
J. del Pozo-Cruz, B. del Pozo-Cruz, E.C. Rodríguez Bies, R.M. Alfonso-Rosa, P. Navas and G. López-Lluch
- 48 Spectral analysis of electromyographic signal in supramaximal effort in cycle ergometer using Fourier and Wavelet transforms: a comparative study
R.S. Oliveira, R.E. Pedro, H. Bortolotti, R.A. da Silva, T. Abrão, J.M. Altimari, T.V. Camata, A.C. Moraes and L.R. Altimari
- 53 Effects of treadmill on gait variability in healthy young subjects
M.D. Sánchez, B. de la Cruz, J. Algaba, M.Á. Lagos and J. Naranjo

Review Articles

- 57 Reliability and validity of sit-and-reach tests: systematic review
F. Ayala, P. Sainz de Baranda, M. de Ste Croix and F. Santonja
- 67 Angular tests for estimating hamstring flexibility: reliability and validity analysis
F. Ayala, P. Sainz de Baranda, A. Cejudo and F. Santonja
- 75 Declined eccentric exercise in chronic patellar tendinopathy: Systematic Review
F. Araya Quintanilla, H. Gutiérrez Espinoza, R. Aguilera Eguía, N. Polanco Cornejo and J.J. Valenzuela Fuenzalida



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

Hypotensive acute effect of a combined resistance and walk-based exercise among over 65-year old community-dwelling women

J. del Pozo-Cruz^{a,b}, B. del Pozo-Cruz^b, E.C. Rodríguez Bies^a, R.M. Alfonso-Rosa^b, P. Navas^a and G. López-Lluch^a

^aDepartamento de Fisiología, Anatomía y Biología Celular. Centro Andaluz de Biología del Desarrollo (CABD-CSIC). CIBERER-Instituto de Salud Carlos III. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. España

^bDepartamento de Educación Física y Deporte. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

History of the article:

Received February 1, 2012

Accepted March 18, 2012

Key words:

Public health.

Chronic disease.

Elderly.

High blood pressure management.

Low intensity exercise.

Strength.

ABSTRACT

Objective. The aim of this study was to test the effects on blood pressure of a single bout of low-intensity resistance exercise combined with moderate aerobic walk-based exercise performed by active, controlled hypertensive elderly women.

Method. Forty-two participants were randomized in two types of sessions: exercise session (n=21), that performed a single bout of combined exercise and control session (n=21) that keep in rest during the bout. Pre-session, post-session and post-24-hour systolic, diastolic and mean pressure values were evaluated and compared between groups.

Results. Statistical significant reductions were achieved just after the performed bout (7% of reduction) and 24 hours after the bout (9% of reduction) on the diastolic blood pressure values in the exercise session group.

Conclusions. In this population, a single bout of combined session is feasible and safe and has a hypotensive effect on diastolic blood pressure in both immediately and after 24 hours post exercise.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

RESUMEN

Efecto agudo hipotensivo de la combinación de ejercicios basados en caminar y de resistencia en mujeres mayores de 65 años no institucionalizadas

Objetivo. Comprobar el efecto hipotensivo que una sola sesión de ejercicio combinado puede tener sobre la presión arterial de mujeres hipertensas controladas y mayores de 65 años.

Método. Cuarenta y dos participantes fueron asignadas aleatoriamente a dos grupos de sesiones: sesión de entrenamiento (n=21) que realizó una sola sesión de ejercicios combinados y sesión control (n=21) que mantuvo reposo durante la misma. Antes, después y tras 24 horas desde la sesión, los valores de presión sistólica, diastólica y medios fueron evaluados y comparados entre grupos.

Resultados. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos tras la realización de la sesión (7% de reducción) y tras 24 horas (9% de reducción) en los valores de presión arterial diastólica media del grupo experimental.

Conclusiones. En esta población una sola sesión de ejercicio combinado se propone como aplicable y segura y tiene un efecto hipotensivo en la presión diastólica tanto inmediatamente después como pasadas 24 horas de la intervención.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondence:

J. del Pozo-Cruz

Departamento de Fisiología, Anatomía y Biología Celular.

Centro Andaluz de Biología del Desarrollo.

Universidad Pablo de Olavide-CSIC.

Carretera de Utrera km 1.

41013 Sevilla.

Email: jdelcru@upo.es

Introduction

High blood pressure (HBP) has been described as major cardiovascular risk factors that directly cause much of the morbidity and mortality in developed countries¹. HBP is a serious public health problem in especially in western-countries². In Europe, this disease affect the 40% of the population³, reaching the 35% of prevalence in the Spanish population, and, of that, HBP affects the 68% in elderly people aged over 65-years⁴. It has been estimated that in the year 2025 HBP will have increased by 24% in developed countries and up to 80% in developing ones².

On the other hand, HBP patients consume the 6% of the medical visits and the 18% of the consultations by chronic affections, being the most common reason to visit primary care physicians^{5,6}. The direct cost associated to the HBP represents in Spain between 2.6 and 3.9 of the global health care total costs^{7,8}. As a result, management of HBP is considered a priority objective in primary and secondary prevention of cardiovascular diseases⁶ and to promote complementary solutions to help this task has been considered a priority⁹.

Several studies have been shown that health-related physical fitness (including body composition, flexibility, resistance and cardiorespiratory capacity) is an important predictor of the life expectancy both, in healthy women¹⁰ and men¹¹ and in women and men that are affected by a metabolic or osteo-muscular disease¹². Furthermore, a good health-related fitness is also a good predictor of the ability to live independently in the elderly population¹³. On the other hand, the practice of regular physical activity has been shown as a means of prevention and treatment of hypertension¹⁴. Despite of the overall benefits that regular physical activity has shown, it is also important to consider the type of population, type of exercise and type of pressure measured when analyzing the effects of the practice of exercise. A recent review of the literature focused on the topic concluded that aerobic physical exercise should be recommended for blood pressure management in controlled hypertensive patients due to its hypotensive effect of this kind of exercise¹⁵. On the other hand, although resistance exercise is an important complement of the aerobic exercise because of its osteomuscular benefits and its positive health-related implications¹⁶, the use of this kind of exercise in controlled HBP affected patients is under controversy¹⁷.

Only two studies had investigated the blood pressure response following a single bout of resistance exercise in controlled HBP patients. Both studies found a decrease in post-exercise and post-12-hour blood pressure values and found that this hypotensive effect was maintained at post-24 hour of the performed exercise^{18,19}. Only one study has determined the effects of combined exercise training recording positive effects on DBP in adults²⁰. However, to our knowledge, no studies have been performed to determine the effects of a single bout of combined aerobic (walk-based) and resistance exercise on the clinic and ambulatory blood pressure in hypertensive elderly women, which might be of interest to obtain the maximum fitness level benefits as well as maintenance and control of the HBP disease. Therefore, the aim of our study was to evaluate the clinical and ambulatory blood pressure values response after performing a single bout of low-intensity resistance exercise combined with moderate aerobic walking-based exercise in HBP-affected elderly women. We hypothesized that in active, hypertensive elderly women, a single bout of low-intensity resistance exercise combined with moderate aerobic walking-based exercise would reach a significant decrease in blood pressure during the recovery

period and that this decreased blood pressure would persist for many hours after exercise at least until 24-hour after the performed bout. Even though, post-exercise hypotension might have clinical relevance in hypertensive subjects.

Methods

Experimental protocol consisted of 2 sessions (control and exercise) in which variables were measured before and after interventions. With this protocol, post-exercise values were compared not only with pre-exercise ones but also with the control condition.

Participants

A prospective longitudinal experimental study desing was used. This research was conducted on the premises of an elderly-day center of the south of Spain, under the framework of a social program. Forty-two community-dwelling elderly women affected by HBP (with stable drugs indications) aged between 65 and 75-years participated in the present study. Subjects were contacted through their own organizational structure of the elderly-day center with posters and calls. Furthermore, the participants were verbally and writing informed of the risks, benefits and objectives of the study and signed an informant consent report. Participants were excluded if they had uncontrolled HBP, if they hadn't HBP, and if they had any specific risk to perform the physical exercise required by the experiment. Inclusion criteria were: to be physically active (more than two sessions –maintenance gymnastic comprising walking-based exercise– of 30 minutes per week)²¹ and medication-controlled HBP over 6 months. The study fully complied with the Declaration of Helsinki for studies on human beings. The study was approved by the Committee on Bioethics and Biosecurity of the University.

Procedures

First, we assessed the anthropometric variables (weight and height) that were used to calculate body mass index. Secondly, the subjects in the study performed a sub maximal test of strength (based on the 10 RM methods)¹⁷ and the 40% of the total was estimated, a percentage that was applied during the resistance exercise carried out in the session. The experimental protocol consisted on the performance of two experimental sessions (control and exercise) by all participants, which were conducted in random order with an interval of 5 days between each one (fig. 1). The intensity of the sessions was established as addressed by the American College of Sports Medicine¹⁴. Five days before the beginning of the two experimental sessions, all participants in the study carried out two adaptations sessions (carried out on two separate days with 24 hours between each session) in order to ensure the correct execution of the six muscular endurance exercises included in the study. Each exercise of this adaptation was as follow: one set of 10 repetitions at an intensity of 30-40% of 10 RM, one set of 5 reps with 40-60% intensity of 10 RM and one set ranging between three to five reps with an intensity of 60-80% of 10 RM. The rest period was set at one minute between the repetitions and three to five minutes between exercises.

All participants in the study were asked not to perform any formal physical activity and not to intake alcohol 24 hours before the

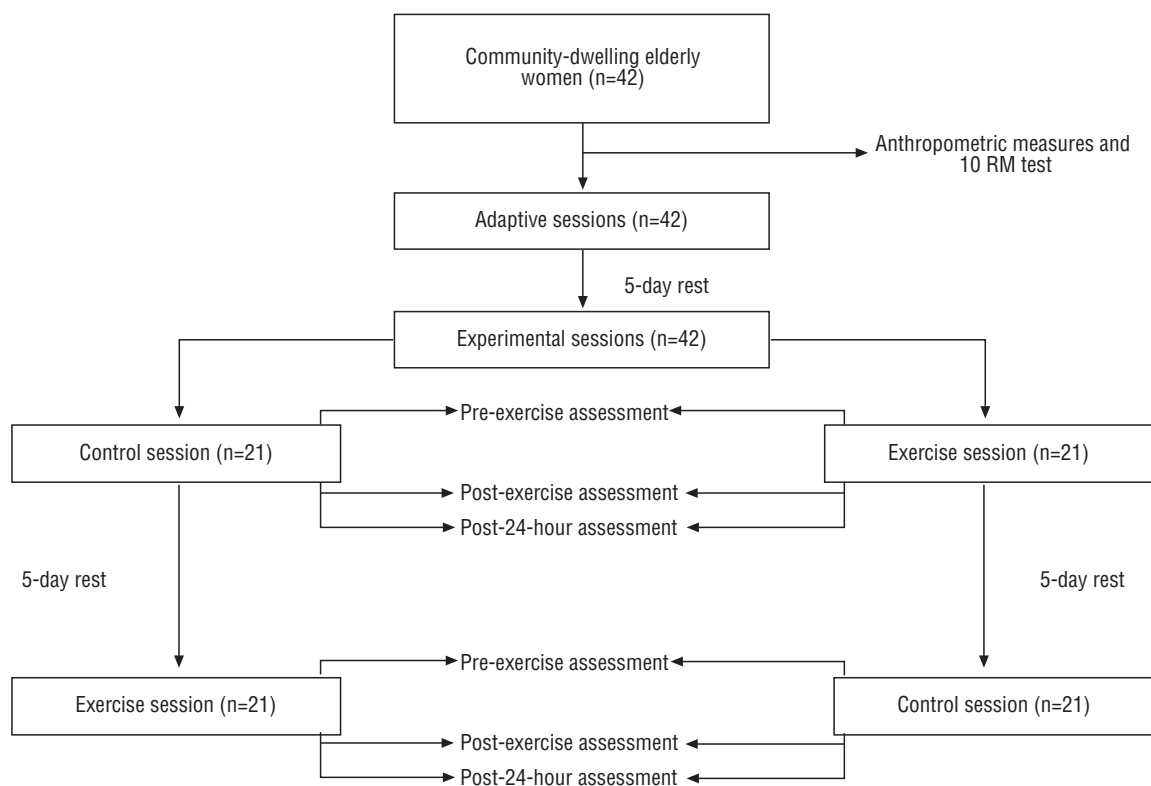


Fig. 1. Experimental protocol schedule.

experimental sessions. Furthermore, participants were asked not to intake caffeine or others substances that could affect blood pressure values. All participants take water before the experimental sessions but not during it. The experimental sessions was carried out between 9 and 11 am in a thermo regulated room at 21 °C of temperature. In each experimental session the subjects were seated 20 minutes before each intervention. During this period systolic blood pressure, diastolic blood pressure and heart rate were assessed in five minute intervals by auscultation in the dominant arm. The average pre-intervention value was calculated using the average of each of the outlets, excluding the first and last ones. Subsequently, subjects performed the intervention period, which consisted of 45-minute of rest sitting for the control session. The exercise session consisted of performing three sets of 25 repetitions at 40% of 10 RM in six different strength exercises (a variation of bench sitting in a chair squat, biceps, triceps, and shoulder and dorsal opening). A 40 seconds of rest period between series and 90 seconds of rest period between exercises was performed. In order to carry out the resistance exercise conventional low-weight dumbbells (Salter, Barcelona) (0.5 to 5kg) were used. Then, subjects performed 20 minutes of moderate aerobic exercise based on walking. After the intervention, all participants were asked to rest seated during a 60-minute period. During this period systolic blood pressure, diastolic blood pressure and heart rate were assessed in five minute intervals by auscultation in the dominant arm. The average pre-intervention value was calculated using the average of each of the outlets, excluding the first and last ones. The same method of measurement was used to assess the post 24-hour exercise after the last blood pressure evaluation, asking the subjects that they should not do any exercise and not intake alcohol or other substances that might affect blood pressure values during this period. Both, to assess systolic blood pressure, diastolic blood pressure and heart rate, the auscultation method (Franklin, Argentine) was used²².

Statistical analysis

The different variables were compared at baseline using the Student T test for independent samples, and the distribution of the data was examined by the Kolmogorov-Smirnov test with Lilliefors correction. After confirming that the distribution of all variables was parametric, the comparison between groups of the study variables (systolic, diastolic and mean blood pressure values) was performed by a two-way ANOVA for repeated measures adjusted by body mass index and heart rate baseline values. A lineal regression model was performed in order to scan the influence of baseline values on the post-24-hour value in the variables that showed positive statistically significant in the current study. The significance level was set at $p < 0.05$ for all tests performed. All tests were undertaken using SPSS version 18.0.

Results

Forty two elderly hypertensive women were included in the present study. There were no statistically significant differences between sessions at baseline (table 1). Table 2 reveals the comparative effects between sessions on the systolic, diastolic and mean blood pressure. Significant positive effects were found on mean scores registered between the exercise session and control session after the performed bout (7% of reduction; $p < 0.047$) on diastolic blood pressure values and also positive effects were found on the diastolic blood pressure after 24-hour (9% of reduction; $p < 0.007$). In viewing of the performed linear regression model, we found that the baseline value observed in the diastolic blood pressure can explain the 76% the post-24-hour value of the diastolic blood pressure in the subjects of the study (table 3). As we can observe in the figure 2, there exists a tendency to decrease the BP

Table 1
Characteristics of the participants in the study

Measures	Mean (SD)
Age (years)	71.40 (3.48)
Weight (kg)	70.42 (7.61)
Height (cm)	156 (5.04)
BMI (kg/m ²)	28.87 (3.03)
Systolic pressure (mmHg)	142.21 (18.84)
Diastolic pressure (mmHg)	83.54 (10.77)
Heart rate (lpm)	73.57 (8.96)

(N = 42)

Values expressed as mean (SD).

BMI: body mass index.

values through the day in all measures after the exercise session. However, we did not find any significant changes after sessions on systolic and mean blood pressures when these values were compared with those from the control session. But we did find a significant decrease in DBP after the experimental session.

Discussion

Hypotensive effects had been found following aerobic exercise¹⁵. Although resistance exercise decreases both, systolic and diastolic blood pressure²³, this effect has been very scarcely investigated in hypertensive subjects^{24,25}. On the other hand, resistance training should be proposed as a complement to aerobic exercise due to the musculoskeletal benefits in elderly population²⁶. However, there exist controversial results about the effect of a single bout of resistance on hypertensive subjects¹⁵. To our knowledge, there is no scientific evidence showing the effectiveness of a single bout of low-intensity resistance exercise combined with moderate aerobic walk-based exercise on controlled hypertensive patients. As a novelty, we presented the effects of this kind of exercise in over 65-years elderly community-dwelling controlled hypertensive women reporting

the blood pressure response values after exercise (clinical value) and at post-24-hour exercise.

The novel finding of our study shows that a single bout of combined resistance and walking-based exercise is feasible, safe and effective significantly decreasing the diastolic blood pressure in both, post-exercise (9%) and after post 24-hour post-exercise (7%). Although the decrease in the diastolic blood pressure found could seem modest, it has been shown that a decrease in blood pressure of at least 2 mmHg is associated with 6% decrease in mortality from stroke and a 4% from coronary heart disease²⁷. In this sense, we could take our results as valuable results in terms of cardiovascular risk prevention.

Auscultatory method is one of the most used method to assess the blood pressure values²⁸. Using this technique, this study found a significant decrease in diastolic blood pressure values after the performed exercise session, while systolic blood pressure values, although showed a tendency of decrease, did not significantly decrease in the exercise session compared with the control session. Although, to date, there is no scientific evidence on the effect of the combination of this type of exercise on the blood pressure values, it has been shown that a low intensity resistance exercise as well as moderate aerobic exercise produce a hypotensive response in hypertensive patients^{19,29}, which is consistent with our results. Possible explanations could be feasible for these results:

1. As far as we modified the environmental condition of our participants (including a bout of exercise), it has been reported that the trainability of systolic blood pressure values seems partly determined by genetic factors, whereas diastolic blood pressure trainability is more related to environmental effects³⁰. The endothelium is both a target and a mediator of arterial hypertension³¹, and the reduction of blood pressure reduced by exercise is mediated by improved endothelial function.

2. On the other hand, it is well known that physical exercise is associated with the nitric oxide availability in the vascular smooth

Table 2
Comparison of results between sessions

Outcome measures	Pre-intervention		Post-intervention		p [†]
	Control session (n=20) Mean (SD)	Exercise session (n=22) Mean (SD)	Control session (n=20) Mean (SD)	Exercise session (n=22) Mean (SD)	
Systolic blood pressure (mmHg)	143.72 (23.19)	140.55 (12.90)	142.22 (16.32)	133.30 (20.26)	0.55
Diastolic blood pressure (mmHg)	81.22 (12.44)	86.10 (8.16)	80.59 (7.16)	77.65 (6.64)	0.04*
Mean blood pressure (mmHg)	112.47 (16.29)	113.32 (9.40)	111.40 (9.47)	105.47 (11.94)	0.20
	Pre intervention	Post-24h			
Systolic blood pressure (mmHg)	143.72 (23.19)	140.55 (12.90)	141.50 (23.53)	137.90 (15.09)	0.74
Diastolic blood pressure (mmHg)	81.22 (12.44)	86.10 (8.16)	76.36 (11.17)	78.05 (8.02)	0.007*
Mean blood pressure (mmHg)	112.47 (16.29)	113.32 (9.40)	111.36 (16.43)	110.92 (10.46)	0.07

(N= 42); *p < 0.05.

Values expressed as mean (SD).

Control session: subjects were asked to keep in resting; Exercise session: subjects were asked and guide to perform a resistance session; p[†]: p value from ANOVA for repeated measures adjusted by body mass index and heart rate baseline values.

Table 3
Predictive model of changes in diastolic blood pressure after 24-hour of exercise among elderly hypertensive women

Model (R=.87; R ² =.76)	Post-24-hour diastolic blood pressure			p
	Beta	SE	ST beta	
Pre-session diastolic blood pressure	0.787	0.070	0.87	<0.001
Constant	11.40	5.87		0.059

N=42

p: statistics significance; Post-24-hour diastolic blood pressure: diastolic value after 24 hours; Pre-session diastolic blood pressure: diastolic value before start the session.

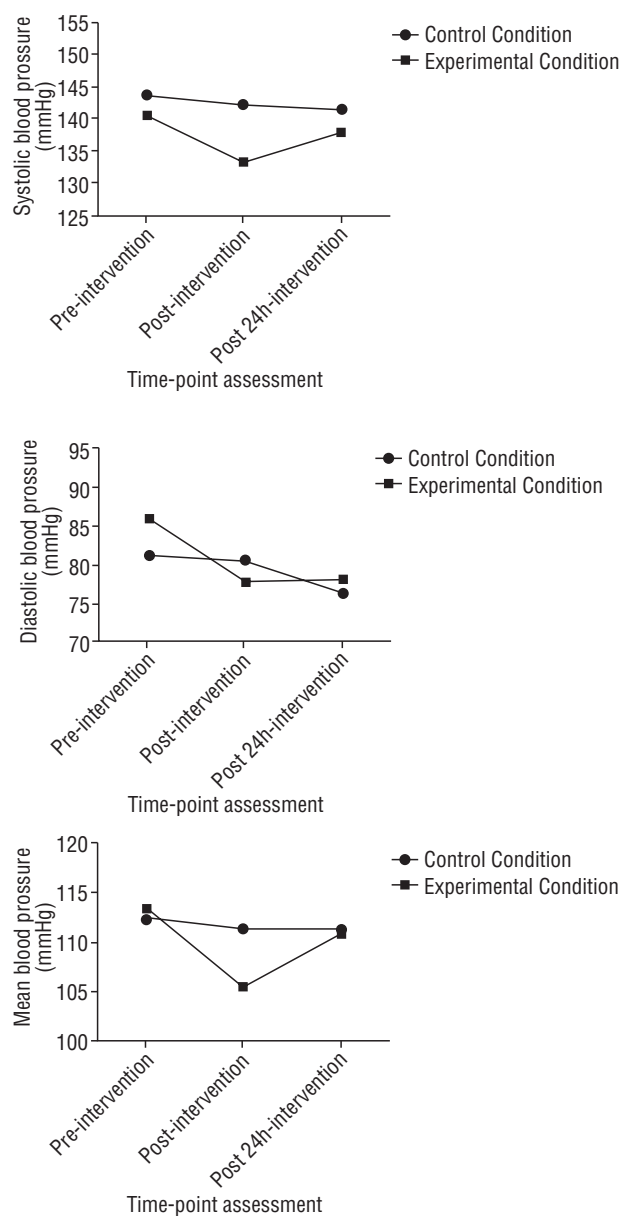


Fig. 2. Blood pressure throughout the different time-points assessment. Data indicates the mean of different blood pressures determined: systolic blood pressure (upper left), diastolic blood pressure (upper right) and mean blood pressure (lower left) in mmHg.

muscle and endothelium-dependent vasodilatation after a resistance exercise and this effect could decrease the blood pressure values^{32,33}.

3. It has been also accredited that aerobic exercise induces a decrease on the nitric oxide levels and this effect could produce vasodilatation¹⁴.

4. Age has been related with different chronic diseases such hypertension³⁴. In addition, it has been reported that age has little or no influence on the changes in the systolic blood pressure³⁵.

5. Furthermore, it has been demonstrated that following a single resistance exercise session and a low-intensity aerobic exercise, diastolic blood pressure decrease more than systolic blood pressure³⁶. As a novelty of this study, post-exercise and post-24h diastolic blood pressure values are greater in subjects with pre-exercise higher values. Thus, in our regression model, we found that the baseline diastolic value can predict the post-24-hour value after exercise in our subjects. According

with our data, it has been shown that more severe hypertensive subjects affected could show a major decrease in the blood pressure levels due to the major potential to decrease it¹⁷.

Although previous studies have found acute hypotensive effects after a single resistance exercise session, there is controversy about the maintenance of this effect¹⁵. Previous studies suggest that a single session of low-intensity resistance exercise produce a hypotensive effect in normotensive subjects, but this response is not maintained over time¹⁷. One study conducted in controlled hypertensive women showed a decrease on the blood pressure levels after a single session of resistance exercise that remained after 10 hours¹⁹. In contrast, the only study reported in the literature involving untreated hypertensive subjects showed no long term changes, although this study used a high-intensity resistance exercise in their sessions¹⁸. On the other hand, it has been proven that a low-intensity aerobic exercise produces a long term hypotensive effect after 24 hours of exercise in controlled hypertensive subjects³⁷. In line with this research, we found that decrease in diastolic blood pressure after a resistance exercise session in combination with moderate aerobic exercise is maintained 24 hours after exercise session. Although a large clinical trial is necessary to confirm the long term hypotensive effects of this type of exercise.

Although the scientific literature indicates that there are not chronic changes in blood pressure after a resistance exercise^{24,25}, evidence exists that low to moderate aerobic exercise training has a chronic hypotensive effect in subjects affected by hypertension³⁸. In fact, aerobic exercise is a very powerful tool for the prevention and treatment of high blood pressure disease¹⁴. One study reported the beneficial effects of combined exercise in middle adult on reducing the DBP²⁰. This results are in line with our data showing a similar percentage of decrease in our subjects (7% reduction in DBP). Also, although our data did not report significant differences in systolic blood pressure, it could be observed a general tendency to decrease systolic blood pressure values. Thus, this leads us to think that a combined-based training (aerobic and resistance exercise) could cause long-term hypotensive effects in well-controlled hypertensive elderly³⁹.

This study has some limitations. Regarding the sample type, in our study only women were studied so that we could not generalize the obtained results to age-matched men but in agreement with other studies we may think that the blood pressure response could be similar in men than in women³⁵ and, thus, we could apply the combined sessions to both elderly men and women. However more studies are needed to confirm this hypothesis. On the other hand, it was not possible, due to the lack of resources, to assess the ambulatory blood pressure values at other times that we presented in the current study, but our results show a tendency of decrease de blood pressure values at post-24-hour after the exercise bout. Because there is no previous scientific evidence about the effects that the combined aerobic walk-based exercise with low intensity resistance exercise with on blood pressure response, further studies focus in this line of research are necessary to confirm the effects found in our study. Also applied studies are needed in other groups of populations (such elderly over 75 year-old) where the blood pressure values can be expected to be different⁴⁰. Finally it is necessary to test the effectiveness and cost effectiveness of large longitudinal studies that allow us to decide on the implementation of this kind of therapies as complementary strategies in the health system in addition to the usual care, as a method of public health.

In conclusion, in over 65-year old women affected by controlled high blood pressure, a single bout of combined moderate aerobic walk-based

exercise with low-intensity resistance exercise, is feasible and safe and has a hypotensive effect on diastolic blood pressure in both immediately and after 24 hours post exercise, but there is not any effect on systolic blood pressure, which it is maintained both in acute response and after 24 hours of exercise. We could them advice this kind of combined session to improve the properties of both, aerobic moderate walk-based exercise and low-intensity resistance exercise which could have osteomuscular, metabolic and blood pressure benefices in women elderly population¹⁶.

Practical implications

It has been reported that only 32.8% of patients diagnosed with high blood pressure and treated in primary care could control their blood pressure values⁴¹. Both, aerobic moderate walk-based exercise and low-intensity resistance exercise are recommended for heart-failed patients but also in normotensive subjects or at the beginning of a resistance training programs where the blood pressure values remains stable over time. By contrast, in hypertensive patients there are many blood pressure fluctuations over the day and therefore the implementation of strategies to help the management and control of such peaks as complementary therapies are necessary. The results of this study suggest that the combination of both types of exercise can reduce and help in the management of the high blood pressure disease, which can help clinicians and professional of exercise in the development of the health promotion programs for this chronic disease.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Acknowledgements

The present study was supported by grants from the Government of Andalusia. Andalusia Center for Development Biology provided human and infrastructure resources. Jesús del Pozo-Cruz was awarded a predoctoral fellowship funded by the proyect IMD2010-SC002 from the Andalusia Center of Sport Medicine on behalf of the Government of Andalusia.

Referenæces

- Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL, Jr., et al. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA*. 2003;289:2560-72.
- Sabio JM, Vargas-Hitos JA, Navarrete-Navarrete N, Mediavilla JD, Jiménez-Jaimez J, Díaz-Chamorro A, et al. Prevalence of and factors associated with hypertension in young and old women with systemic lupus erythematosus. *J Rheumatol*. 2011;38:1026-32. Epub 2011 Mar 16.
- Messerli FH, Williams B, Ritz E. Essential hypertension. *Lancet*. 2007;370:591-603.
- Kearney PM, Whelton M, Reynolds K, Muntner P, Whelton PK, He J. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet*. 2005;365:217-23.
- Basterra-Gortari FJ, Bes-Rastrollo M, Seguí-Gómez M, Forga L, Martínez JA, Martínez-González MA. Trends in obesity, diabetes mellitus, hypertension and hypercholesterolemia in Spain (1997-2003). *Med Clin (Barc)*. 2007;129:405-8.
- Coca A, Aranda P, Bertomeu V, Bonet A, Esmatjes E, Guillén F, et al. Strategies for effective control of arterial hypertension in Spain. Consensus document. *Rev Clin Esp*. 2006;206:510-4.
- Badía X, Rovira J, Tresserras R, Trinxet C, Seguí JL, Pardell H. The cost of arterial hypertension in Spain. *Med Clin (Barc)*. 1992;99:769-73.
- Rovira J, Badía X, Pardell H. Cost of hypertension in Spain. *J Hum Hypertens*. 1992;6:481-3.
- Scholze J, Alegría E, Ferri C, Langham S, Stevens W, Jeffries D, et al. Epidemiological and economic burden of metabolic syndrome and its consequences in patients with hypertension in Germany, Spain and Italy; a prevalence-based model. *BMC Public Health*. 2010;10:529.
- Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, Lauderdale DS, Thisted RA, Wicklund RH, et al. Exercise capacity and the risk of death in women: the St James Women Take Heart Project. *Circulation*. 2003;108:1554-9.
- Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002;346:793-801.
- Piepoli MF, Davos C, Francis DP, Coats AJ. Exercise training meta-analysis of trials in patients with chronic heart failure (ExTraMATCH). *BMJ*. 2004;328:189.
- Uchida H, Mino Y, Tsuda T, Babazono A, Kawada Y, Araki H, et al. Relation between the instrumental activities of daily living and physical fitness tests in elderly women. *Acta Med Okayama*. 1996;50:325-33.
- Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:533-53.
- Cardoso CG, Jr., Gomides RS, Queiroz AC, Pinto LG, Da Silveira Lobo F, Tinucci T, et al. Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. *Clinics (Sao Paulo)*. 2010;65:317-25.
- Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*. 2007;116:572-84.
- Queiroz AC, Gagliardi JF, Forjaz CL, Rezk CC. Clinic and ambulatory blood pressure responses after resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2009;23:571-8.
- Hardy DO, Tucker LA. The effects of a single bout of strength training on ambulatory blood pressure levels in 24 mildly hypertensive men. *Am J Health Promot*. 1998;13:69-72.
- Melo CM, Alencar Filho AC, Tinucci T, Mion D, Jr., Forjaz CL. Postexercise hypotension induced by low-intensity resistance exercise in hypertensive women receiving captopril. *Blood Press Monit*. 2006;11:183-9.
- Seo D-i, So W-Y, Ha S, Yoo E-J, Kim D, Singh H, et al. Effects of 12 weeks of combined exercise training on visfatin and metabolic syndrome factors in obese middle-aged women. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2011;10:222-6.
- Westcott WL, Winnett RA, Annesi JJ, Wojcik JR, Anderson ES, Madden PJ. Prescribing physical activity: applying the ACSM protocols for exercise type, intensity, and duration across 3 training frequencies. *Phys Sportsmed*. 2009;37:51-8.
- Scher LM, Ferriolli E, Moriguti JC, Lima NK. Blood pressure assessed through oscillometric and auscultatory method before and after exercise in the elderly. *Arq Bras Cardiol*. 2010;94:656-62.
- Martínez-Vea A, Bardaj A, Gutiérrez C, Garca C, Peralta C, Marcas L, et al. Exercise blood pressure, cardiac structure, and diastolic function in young normotensive patients with polycystic kidney disease: a prehypertensive state. *Am J Kidney Dis*. 2004;44:216-23.
- Blumenthal JA, Siegel WC, Appelbaum M. Failure of exercise to reduce blood pressure in patients with mild hypertension. Results of a randomized controlled trial. *JAMA*. 1991;266:2098-104.
- Van Hoof R, Macor F, Lijnen P, Staessen J, Thijs L, Vanhees L, et al. Effect of strength training on blood pressure measured in various conditions in sedentary men. *Int J Sports Med*. 1996;17:415-22.
- Castillo-Garzón MJ, Ruiz JR, Ortega FB, Gutiérrez A. Anti-aging therapy through fitness enhancement. *Clin Interv Aging*. 2006;1:213-20.
- Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL, Jr., et al. Seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension*. 2003;42:1206-52.
- Stolt M, Sjonell G, Astrom H, Hansson L. The reliability of auscultatory measurement of arterial blood pressure. A comparison of the standard and a new methodology. *Am J Hypertens*. 1990;3:697-703.
- Syme AN, Blanchard BE, Guidry MA, Taylor AW, Vanheest JL, Hasson S, et al. Peak systolic blood pressure on a graded maximal exercise test and the blood pressure response to an acute bout of submaximal exercise. *Am J Cardiol*. 2006;98:938-43.
- Greenfield JR, Samaras K, Campbell LV, Jenkins AB, Kelly PJ, Spector TD, et al. Physical activity reduces genetic susceptibility to increased central systolic pressure augmentation: a study of female twins. Research Support, Non-U.S. Gov't Twin Study. *J Am Coll Cardiol*. 2003;42:264-70.

31. Spieker LE, Noll G, Ruschitzka FT, Maier W, Luscher TF. Working under pressure: the vascular endothelium in arterial hypertension. Research Support, Non-U.S. Gov't Review. *J Hum Hypert.* 2000;14:617-30.
32. Graham DA, Rush JW. Exercise training improves aortic endothelium-dependent vasorelaxation and determinants of nitric oxide bioavailability in spontaneously hypertensive rats. Research Support, Non-U.S. Gov't. *J Appl Physiol.* 2004;96:2088-96.
33. Davis ME, Cai H, McCann L, Fukai T, Harrison DG. Role of c-Src in regulation of endothelial nitric oxide synthase expression during exercise training. Research Support, U.S. Gov't, P.H.S. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2003;284:H1449-53.
34. Kurbel S. Possible links of age related hypertension and evolution imposed features of heart and aorta. [Review]. *Curr Aging Sci.* 2008;1:166-8.
35. Wilmore JH. Dose-response: variation with age, sex, and health status. *Medicine and science in sports and exercise.* [Review]. 2001;33(6 Suppl):S622-34; discussion S40-1.
36. Duncker DJ, Bache RJ. Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiol Rev.* 2008;88:1009-86.
37. Blumenthal JA, Sherwood A, Gullette EC, Babyak M, Waugh R, Georgiades A, et al. Exercise and weight loss reduce blood pressure in men and women with mild hypertension: effects on cardiovascular, metabolic, and hemodynamic functioning. *Arch Intern Med.* 2000;160:1947-58.
38. Ketelhut RG, Franz IW, Scholze J. Efficacy and position of endurance training as a non-drug therapy in the treatment of arterial hypertension. *J Hum Hypertens.* 1997;11:651-5.
39. Manfredini F, Malagoni AM, Mandini S, Boari B, Felisatti M, Zamboni P, et al. Sport therapy for hypertension: why, how, and how much? Research Support, Non-U.S. Gov't Review. *Angiology.* 2009;60:207-16.
40. Landahl S, Bengtsson C, Sigurdsson JA, Svanborg A, Svardsudd K. Age-related changes in blood pressure. Hypertension. Research Support, Non-U.S. Gov't. 1986;8:1044-9.
41. Álvarez-Sala LA, Suárez C, Mantilla T, Franch J, Ruilope LM, Banegas JR, et al. PREVENCAT study: control of cardiovascular risk in primary care. *Med Clin (Barc).* 2005;124:406-10.



Original

ARTÍCULO EN INGLÉS

Spectral analysis of electromyographic signal in supramaximal effort in cycle ergometer using Fourier and Wavelet transforms: a comparative study

R.S. Oliveira^a, R.E. Pedro^a, H. Bortolotti^a, R.A. da Silva^b, T. Abrão^c, J.M. Altimari^d, T.V. Camata^a, A.C. Moraes^d and L.R. Altimari^a

^aGEPESINE, Group of Study and Research in Neuromuscular System and Exercise, CEFE. Universidade Estadual de Londrina (UEL), PR. Brazil

^bDepartment of Physical Therapy, CCBS. Universidade do Norte do Parana (UNOPAR), PR. Brazil.

^cDepartment of Electrical Engineering, CTU. Universidade Estadual de Londrina (UEL), PR. Brazil.

^dGPNeurom, Laboratory of Electromyography Studies. FEF. Universidade de Campinas (UNICAMP), SP. Brazil.

History of the article:

Received January 7, 2012

Accepted March 5, 2012

Key words:

Electromyography.

Fatigue.

Spectral analysis.

Quadriceps muscle.

Palabras clave:

Electromiografía.

Fatiga.

Análisis espectral.

Músculo cuádriceps.

ABSTRACT

Objective. The objective of this study was to compare these methods Fourier (STFT) and Wavelet (WT) transforms to assess muscle fatigue during supramaximal exercise.

Methods. Twenty five subjects of both genders (13 men, age = 28.2 ± 2.7 years and 12 women, age = 23.2 ± 2.7 years) performed the Wingate test, during which the electromyographic responses of the superficial muscles of the quadriceps were examined. For analysis we used the STFT and WT transforms, which provided the following variables: median frequency (MF), slope and variance.

Results. The results showed no differences ($P > 0.05$) in MF and slope. However, there were differences for the variance between the analysis ($P < 0.05$).

Conclusion. It seems that both analyzes provide the same physiological parameters, however, the WT transform shows less variance between the results.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

RESUMEN

El análisis espectral de la señal de EMG en el esfuerzo supra-máximo en el cicloergómetro utilizando las transformaciones de Fourier y Wavelet: un estudio comparativo

Objetivo. El propósito de este estudio fue comparar los métodos transformados de Fourier (STFT) y Wavelet (WT) para evaluar la fatiga muscular durante el ejercicio supra-máximo.

Método. Veinticinco individuos de ambos sexos (13 hombres, $28,2 \pm 2,7$ años and 12 mujeres, $23,2 \pm 2,7$ años) realizaron el test de Wingate, durante el cual las respuestas electromiográficas de los músculos superficiales de los cuádriceps fueron examinadas. Para el análisis se utilizaron las transformaciones de STFT y la WT, lo cual proporcionó las siguientes variables: frecuencia media (FM), de pendiente y variación.

Resultados. Los resultados no mostraron diferencias ($P > 0,05$) en FM y en la pendiente. Sin embargo, hubo diferencias en la variación entre el análisis ($P < 0,05$).

Conclusiones. Parece que ambos análisis proporcionan los mismos parámetros fisiológicos, sin embargo, la transformada de WT muestra menos variación entre los resultados.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondence:

Prof. Dr. L.R. Altimari.

Departamento de Educação Física.

Universidade Estadual de Londrina.

Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 km 380.

Campus Universitário, Cx Postal 6001.

CEP 86051-990, Londrina, Brazil.

E-mail: altimari@uel.br

Introduction

Muscle fatigue can be defined as the inability to generate force in a muscle contraction¹. According to Enoka and Stuart¹, muscle contraction is triggered from the sarcoplasmic membrane depolarization that modifies the electrical potential of the muscle, and this electrical potential can be captured and analyzed by surface electromyography (EMG). Numerous researchers have used EMG with different purposes²⁻⁶. For the use of EMG in order to determine muscle fatigue, it is necessary to analyze the electromyographic signal, and such analysis can be performed in time domain (RMS) or frequency domain. The latter requires the decomposition of the signal power spectrum density (PSD), to obtain the median frequency (*MF*), which is a frequency that divides the power spectrum in two regions of equal areas. A decrease of *MF* over time is related to muscle fatigue (for example, *slope* given by

$$MF_{sp} = \frac{\Delta MF}{\Delta t}$$

One of the most used tools for evaluating the changes in *MF* during muscle fatigue is the short-time fourier transform (STFT). This transform is applied to determine the spectral content in terms of sinusoidal frequency and phase content of local portions of a signal as it changes over time^{8,9}. This has been the main procedure used for this type of analysis, especially for isometric contractions. However, this method may not be as effective for dynamic contractions, in which EMG signals are not stationary due to variations in strength, speed and joint range of motion⁹, and thus not reflecting true physiological behavior of the muscle during exercise¹⁰. In this sense it becomes necessary to use alternative methods to correct this methodological problem.

A method that has been used in an attempt to minimize this problem is the Wavelet transform (WT). Wavelet analysis takes into account the dynamics of the EMG signals, which may represent a greater accuracy in the analysis. Thus, several studies have been used WT to analyze the EMG signal in isometric and dynamic maximal effort¹¹, supramaximal constant load exercise¹² and maximal exercise with constant load¹³. However the use of WT requires better understanding of the evaluation of muscle fatigue in exercises not as standardized in terms of control of strength and speed of movement¹⁴.

Recent studies indicate that STFT and WT would be comparable during muscle fatigue in well standardized protocols, both in a static or dynamic situation¹⁵⁻¹⁷, although other studies also suggest that WT has higher accuracy of the physiological information of muscle fatigue when compared to STFT¹⁸. However, further studies are needed to compare the methods of analysis of the EMG signal, especially for dynamic exercise without complete standardization of the task. Moreover, few studies have investigated the effects of supramaximal exercise on muscle responses such as fatigue. Supramaximal exercises are generally used to determine anaerobic capacity both in athletes of different modalities and non-athletes¹⁹. The literature is still scant in information on the use of either STFT or WT for an appropriate analysis of the EMG signal to assess muscle fatigue during this type of exercise.

To assess human motor performance during a supramaximal exercise, it is necessary to carry out specific tests such as the supramaximal Wingate test, often used in the literature to evaluate anaerobic performance²⁰. Some studies have shown that the *MF* of EMG activity decreases over time during this type of test, which reflects the onset of muscle fatigue in evaluated muscle group²¹. However, this behavior was observed using the STFT analysis, where specific windows of analysis

were successively standardized, as were the phases of movement analyzed, which in turn could generate data not as reliable as suggested by the studies of Karlsson et al.¹³. To check whether these results would be really influenced by the method of EMG analysis, a comparison of the STFT and WT methods should be done in this type of exercise.

Therefore, our hypothesis is that the WT transform enables more accurate results when compared to STFT. Thus, the purpose of this study was to compare the spectral analysis of the STFT and WT methods using the *MF* to assess muscle fatigue during supramaximal exercise.

Methods

Sample

The sample consisted of twenty-five (13 men, age = 28.2 ± 2.7 years and 12 women, age = 23.2 ± 2.7 years) untrained college students, who volunteered to the study. After the purpose of the study and the procedures to be performed were explained, they signed a consent form. This study was approved by the Ethics Committee of the State University of Londrina (document 032/07; CAAE n.º 0034.0.268.000-07).

Experiment design

All participants performed the Wingate test (WT) to assess the anaerobic performance. Subjects were instructed not to ingest any substance or food containing caffeine for the duration of the experiment, as well as alcoholic beverages, and not to perform vigorous physical activity within 24 hours prior to the tests in order to avoid any interference in the results. Each subject was tested at the same time of day to minimize the effects of diurnal biological variation. The volunteers underwent a pilot study to familiarize with the testing protocols and the equipment used.

Anthropometry

Body weight was measured on a Uranus® digital platform scale, model PS 180, with precision of 0.1 kg. Height was determined in a wooden stadiometer with accuracy of 0.1 cm. All individuals were measured and weighed barefoot, wearing only light clothes. Body mass index (BMI) was determined by the weight/height², ratio, with body weight in kilograms (kg) and height in meters (m).

Anaerobic performance evaluation

The anaerobic performance of the subjects was assessed by WT^{20,22}. The anaerobic performance indices were determined by a computer program (Wingate test®, Cefise, Brazil) that allowed the determination of the power generated every second during the test, the relative peak power (W.kg⁻¹) (RPP), relative mean power (W.kg⁻¹) (RMP) and fatigue index (FI) (%).

The protocol consisted of a warming-up of four minutes in a mechanical cycle ergometer for lower limbs (Monark® 324E, Sweden) with a load of 50 W and a pedaling cadence of 70 rpm, and at the beginning of each minute the subjects performed a six seconds sprint²³. After the warm-up, there was an interval of two minutes for the measurement of body weight, height adjustment of the bike saddle and adjustment of the effort intensity. After that, the participants began the WT, with no previous rotation, with a load corresponding to 0.075 kg.

kg⁻¹ of the body weight. At the end of the protocol, participants performed an active recovery on the same ergometer, without resistance, for a period of three minutes in an attempt to minimize possible side effects caused by stress.

A familiarization protocol was performed prior to the beginning of the study, in an attempt to reduce the learning effects and establish the reproducibility of the test. All subjects were tested in a similar situation to the experimental protocol in two separate sessions, with intervals of 48 hours. The coefficients of intra-class correlation found were 0.98, 0.95 and 0.90 for RPP, RMP and FI (%), respectively.

The bike measures corresponding to participant such as: saddle height and distance, stem height and distance and hands position were standardized for all tests, thus avoiding changes in posture and consequently possible interferences in the activation of the muscles evaluated. Temperature and relative humidity were controlled in all trials and kept between 21 and 24 °C and 40 and 60% respectively.

Recording and processing of electromyographic signals

The EMG signals were recorded during the entire period of the WT according to ISEK guidelines²⁴. Before the start of each WT, participants had the bipolar active EMG electrodes model TDS 150™ (Biopac Systems®, USA), with fixed inter-electrode distance of two cm, placed on the superficial muscles of the quadriceps femoris (QF) of the right leg: vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM) and rectus femoris (RF). After skin trichotomy and aseptis, the electrodes were positioned over each muscle following the standardization proposed by SENIAM²⁵. The EMG activity was recorded by a 16-channel electromyograph model MP150™ (Biopac System®, USA) with sampling frequency of 2,000 Hz. The common mode rejection ratio was 95 dB, and the input limits of the signal were set at ±5 mV. The reference electrode (ground) was placed in the right elbow (lateral epicondyle).

Signal recording and processing software was performed with the AcqKnowledge™ 3.8.1 (Biopac Systems®, USA) software and the mathematical simulation environment Matlab 7.0 (Mathworks®, South Natick, MA, USA.) The raw EMG signals were digitally filtered with a band-pass filter of 20 Hz and 500 Hz. For spectral analysis of EMG signals, we used MF values determined using STFT and WT (Daubechies type: DB5). Using both methods we obtained the following parameters: the magnitude of changes in median frequency over time (MF [t]); slope of MF normalized by initial value, this is the EMG fatigue index (NFI)¹⁷; MF variance of the successive time windows established for the processing of the EMG signal during 30 seconds exercise. The EMG fatigue index was determined by linear regression of between the

relationship of MF and the duration of exercise (30 seconds), for each muscle studied.

Statistical treatment

To compare the values found in all muscles using the techniques WT and STFT we used the Mann-Whitney U test. The significance adopted was 5%. We employed the statistical package Statistica™ 6.0® (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA) for data analysis.

Results

Table 1 presents the descriptive data corresponding to the anthropometrics characteristics and anaerobic performance of the participants.

The values of median frequency (MF), normalized fatigue index (NFI) and the MF variance obtained by STFT and WT over the 30 seconds of exercise in WT for the VL, VM and RF of men and women are presented in table 2.

Regarding MF, there were no significant differences between the values obtained by both methods in any of the muscles evaluated for both genders ($P > 0.05$). While there may be signs of muscle fatigue (negative values of the EMG index of fatigue), NFI for STFT and WT did not show any significant differences for any of the muscles evaluated in men and women ($P > 0.05$).

Significant differences were observed in the MF variance between the values obtained by STFT and WT in all muscles analyzed in men and women ($P < 0.05$), indicating a greater dispersion of data with the STFT analysis in relation to WT, as shown by an example for one individual (fig. 1).

Table 1

Anthropometric and anaerobic performance characteristics of studied subjects

Variables	Men	Women
Body mass (kg)	82.4 ± 9.3	63.7 ± 7.7
Height (cm)	180.0 ± 5.0	169.0 ± 3.0
BMI (kg/m ²)	25.5 ± 2.3	23.3 ± 2.1
RPP (W.kg ⁻¹)	10.0 ± 0.9	7.7 ± 0.9
RMP (W.kg ⁻¹)	7.3 ± 0.5	5.6 ± 0.6
FI (%)	52.9 ± 9.0	51.1 ± 11.9

Values expressed in mean ± SD.

BMI: body mass index; FI: fatigue index; RMP: relative mean power; RPP: relative peak power.

Table 2

Values of median frequency, normalized fatigue index and variance obtained through Fourier and Wavelet transform for the vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris muscles of men and women during Wingate test

	MF (Hz)		NFI [Hz/sec/Hz] = [1/sec] = [Hz]		Variance (Hz)	
	Fourier	Wavelet	Fourier	Wavelet	Fourier	Wavelet
Men						
VL	43.3 ± 11.8	43.5 ± 11.9	-0.001 ± 0.002	-0.002 ± 0.002	78.4 ± 65.1	59.3 ± 48.4*
VM	45.6 ± 11.4	49.4 ± 13.3	-0.002 ± 0.002	-0.001 ± 0.002	105.7 ± 87.5	66.9 ± 39.7*
RF	42.5 ± 5.8	44.5 ± 6.7	-0.001 ± 0.002	-0.001 ± 0.002	75.2 ± 58.5	42.6 ± 30.3*
Women						
VL	33.5 ± 3.5	35.7 ± 3.3	-0.001 ± 0.001	-0.001 ± 0.001	34.3 ± 17.7	22.1 ± 11.3*
VM	34.1 ± 4.0	35.9 ± 4.1	-0.001 ± 0.002	-0.002 ± 0.001	31.4 ± 10.6	21.6 ± 7.4*
RF	37.0 ± 3.7	39.4 ± 3.7	-0.002 ± 0.001	-0.002 ± 0.001	38.8 ± 7.8	26.1 ± 7.7*

Values expressed as mean ± SD.

*Statistically significant differences between FFT and WT ($P < 0.05$).

MF: median frequency; NFI: normalized fatigue index; RF: rectus femoris; STFT: Fourier transform VL: vastus lateralis; VM: vastus medialis; WT: Wavelet transform.

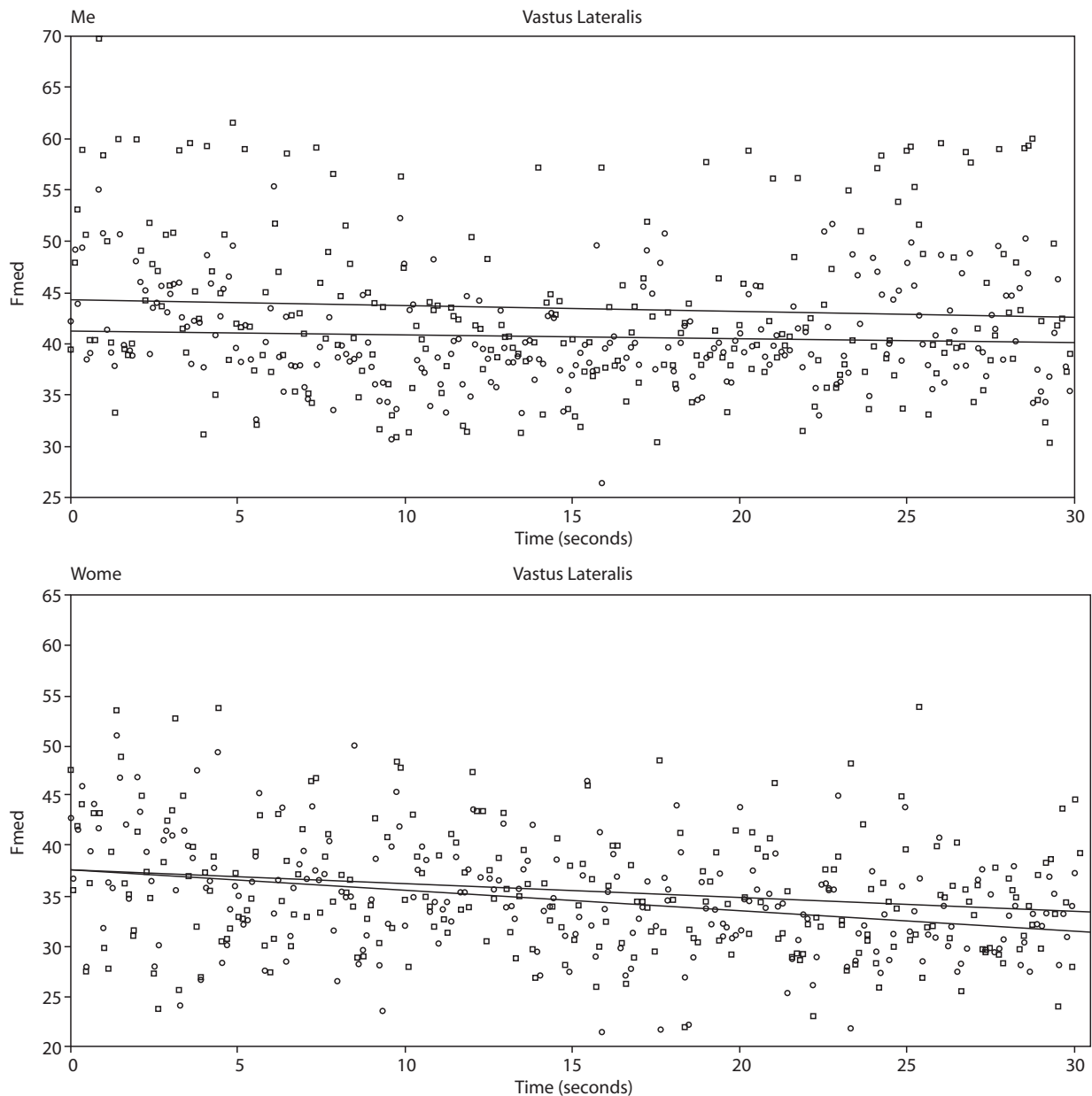


Fig. 1. Example for one individual of the electromyography fatigue index (NFI) obtained through the slope of median frequency normalized by the initial value. \square represents data corresponding to Wavelet test transform (upper line in the graphics) and \circ the Fourier transform.

Discussion

The aim of this study was to compare the EMG responses during the course of the Wingate anaerobic test, using two different methods of spectral analysis, STFT and Wavelet. From these findings we can confirm our hypothesis, since both methods provide the same physiological information about muscle fatigue, but a higher variability of data when these were analyzed by STFT.

The supramaximal effort required by the Wingate test causes the value of the median frequency of the EMG signal to decrease, which was previously verified by applying the STFT²¹ and corroborated by our study using both STFT and WT, thus confirming the presence of muscle fatigue. According to these authors, this behavior is associated with a high concentration of H^+ ions during the course of the exercise impairing the propagation of the electrical signal, thus decreasing the frequency values.

However there is still a debate in the literature over the use of STFT analysis in dynamic muscle contractions, since this method of analysis assumes that data are stationary¹⁰. However, recent results on muscle fatigue during standardized dynamic contractions of different muscle groups showed the similarity and the effectiveness of these two methods to provide information on muscle behavior during fatiguing exercise¹⁵⁻¹⁷. The results of this study confirms the findings of previous ones, and also brings a new aspect of evaluation methods for non-standardized and high intensity exercises, which was never done by other studies on the subject.

Da Silva et al.¹⁷, showed that the effect of mediation for the calculation of EMG indices of fatigue increases the association between STFT and WT. Moreover, these authors showed that WT shows less data variability and hence better accuracy of information compared to STFT. This is also supported by our results of variance, indicating less accuracy in terms of

variability in data obtained from analysis by STFT compared to WT for all the muscles in both sexes. Similar results were also found by da Silva et al.¹⁷.

The use of alternative methods for analyzing the EMG signal, such as WT transform, has been proposed in an attempt to better adjust the mathematical model for dynamic tasks. In fact, Von Tschärner and Goepfert¹⁴, showed that analysis through the WT is highly effective in identifying a pattern of muscle recruitment of different muscle fiber types in a specific phase of the movement. This information would hardly be represented by the STFT analysis, which shows a large dispersion of individual MF values within the temporal window of processing and over time (successive windows), and consequently would result in larger measurement errors in dynamic situations, as suggested by other studies^{17,18}.

Therefore, although the values of *NFI* were not different between methods, the values obtained by STFT showed greater data variance when compared to WT. This demonstrates that WT seems to adjust itself better to dynamic tasks, since it does not depend on the signal to be (quasi-) stationary, unlike the technical limitation imposed by conventional STFT. Thus, we suggest that the method of analysis of EMG signals via WT can provide more information and accuracy when applied to different types of muscle fibers in a specific muscle group regardless of gender during a dynamic muscle action. Also, this method could be interesting to identify the pattern of muscle recruitment during a specific phase of the movement in cyclic exercise, as suggested by Von Tschärner and Goepfert¹⁴.

In conclusion, considering the findings of this study we suggest the use of both methods of spectral analysis on supramaximal dynamic exercise, that is non-standardized in terms of speed and angle of motion and short duration (~ 30 s) when the aim is to quantify muscle fatigue with spectral EMG indices (for example, slope of *MF*).

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Acknowledgements

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

References

1. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 1992;72:1631-48.
2. Nybo L, Nielsen B. Perceived exertion is associated with an altered brain activity during exercise with progressive hyperthermia. *J Appl Physiol.* 2001;91:2017-23.
3. Hummel A, Laubli T, Pozzo M, Schenk P, Spillmann S, Klipstein A. Relationship between perceived exertion and mean power frequency of the EMG signal from the upper trapezius muscle during isometric shoulder elevation. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95:321-6.
4. Laubli T, Hermens H, Sjogaard G. Neuromuscular assessment of the elderly worker, New: a multidisciplinary European research project. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96:107-9.
5. Troiano A, Naddeo F, Sosso E, Camarota G, Merletti R, Mesin L. Assessment of force and fatigue in isometric contractions of the upper trapezius muscle by surface EMG signal and perceived exertion scale. *Gait Posture.* 2008;28:179-86.
6. Oliveira S, Gonçalves M. EMG amplitude and frequency parameters of muscular activity: effect of resistance training based on electromyographic fatigue threshold. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19:295-303.
7. Ng JK, Richardson CA, Kippers V, Parnianpour M, Bui BH. Clinical applications of power spectral analysis of electromyographic investigations in muscle function. *Man Ther.* 1996;1:99-103.
8. Knaflitz M, Bonato P. Time-frequency methods applied to muscle fatigue assessment during dynamic contractions. *J Electromyogr Kinesiol.* 1999;9:337-50.
9. Bonato P, Roy SH, Knaflitz M, De Luca CJ. Time-frequency parameters of the surface myoelectric signal for assessing muscle fatigue during cyclic dynamic contractions. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2001;48:745-53.
10. Beck TW, Housh TJ, Johnson GO, Weir JP, Cramer JT, Coburn JW, et al. Comparison of Fourier and wavelet transform procedures for examining the mechanomyographic and electromyographic frequency domain responses during fatiguing isokinetic muscle actions of the biceps brachii. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15:190-9.
11. Dantas JL, Camata TV, Brunetto MA, Moraes AC, Abrão T, Altimari LR. Fourier and wavelet spectral analysis of EMG signals in isometric and dynamic maximal effort exercise. *Conference Proceedings (IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conf).* 2010;1:5979-82.
12. Camata TV, Dantas JL, Abrão T, Brunetto MA, Moraes AC, Altimari LR. Fourier and wavelet spectral analysis of EMG signals in supramaximal constant load dynamic exercise. *Conference Proceedings (IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conf).* 2010;1:1364-7.
13. Vitor-Costa M, Pereira LA, Oliveira RS, Pedro RE, Camata TV, Abrão T, et al. Fourier and wavelet spectral analysis of EMG signals in maximal constant load dynamic exercise. *Conference Proceedings (IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Conf).* 2010;1:4622-5.
14. Von Tschärner V, Goepfert B. Estimation of the interplay between groups of fast and slow muscle fibers of the tibialis anterior and gastrocnemius muscle while running. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006;16:188-97.
15. Sparto PJ, Parnianpour M, Barria EA, Jagadeesh JM. Wavelet analysis of electromyography for back muscle fatigue detection during isokinetic constant-torque exertions. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24:1791-8.
16. Hostens I, Seghers J, Spaepen A, Ramon H. Validation of the wavelet spectral estimation technique in biceps brachii and brachioradialis fatigue assessment during prolonged low-level static and dynamic contractions. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14:205-15.
17. Da Silva RA, Larivière C, Arsenault AB, Nadeau S, Plamondon A. The comparison of Wavelet- and Fourier-based electromyographic indices of back muscle fatigue during dynamic contractions: validity and reliability results. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2008;48:147-62.
18. Karlsson S, Yu J, Akay M. Time-frequency analysis of myoelectric signals during dynamic contractions: a comparative study. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2000;47:228-38.
19. Ponorac N, Matavulj A, Rajkovic Z, Kovacevic P. The assessment of anaerobic capacity in athletes of various sports. *Med Pregl.* 2007;60:427-30.
20. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med.* 1987;4:381-94.
21. Hunter AM, St Clair Gibson A, Lambert MI, Nobbs L, Noakes TD. Effects of supramaximal exercise on the electromyographic signal. *Br J Sports Med.* 2003;37:296-9.
22. Minahan C, Wood C. Strength training improves supramaximal cycling but not anaerobic capacity. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102:659-66.
23. Havenetidis K, Matsouka O, Konstantinou V. Establishment of the highest peak anaerobic power prior to the commencement of the anaerobic wingate test. *J Hum Mov Stud.* 2003;44:479-487.
24. Merletti R, Rainoldi A, Farina D. Surface electromyography for non-invasive characterization of muscle. *Exerc Sport Sci Ver.* 2001;29:20-5.
25. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10:361-74.



Original

Influencia del tapiz rodante sobre la variabilidad de la marcha en sujetos jóvenes y sanos

M. D. Sánchez^a, B. de la Cruz^b, J. Algaba^c, M. Á. Lagos^d y J. Naranjo^e

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

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

^cDepartamento de Podología. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

^dUnidad de Tecnología Industrial. Instituto de Microelectrónica. Sevilla. España.

^eDepartamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. España

Historia del artículo:

Recibido el 4 de enero de 2012

Aceptado el 30 de marzo de 2012

Palabras clave:

Dinámica de la marcha.

Tapiz rodante.

Sujetos sanos.

Key words:

Gait dynamics.

Treadmill.

Healthy subjects.

Correspondencia:

B. de la Cruz Torres.

University of Seville. Department of Physiotherapy.

Calle Avicena s/n.

41009 Sevilla. España.

E-mail: bcruc@us.es

RESUMEN

Objetivo. El objetivo del trabajo fue analizar, a partir de series temporales, las diferencias en la variabilidad de la marcha en dos situaciones distintas (marcha espontánea frente a marcha en tapiz rodante) en sujetos jóvenes, sanos y activos.

Método. Las series temporales de diez hombres sanos y físicamente activos fueron evaluadas en dos situaciones experimentales: a) 25 minutos caminando de forma espontánea por un circuito circular abierto; y b) 25 minutos caminando en un tapiz rodante a la misma velocidad que la situación a. Un dispositivo de captura fue diseñado expresamente para la obtención directa y almacenamiento de series de tiempo durante la marcha en ambas situaciones, a partir de un simple pulsador electrónico colocado en la zona del calcáneo de la palmilla del pie dominante introducida en la zapatilla deportiva. Se calcularon la media y desviación estándar (DE), la entropía aproximada (ApEn), la entropía muestral (SampEn) y la entropía multiscala (MSE).

Resultados. La DE, la ApEn y la SampEn no presentaron cambios significativos al comparar ambas situaciones experimentales. Todas las MSE disminuyen significativamente al comparar la marcha espontánea con la situación en tapiz.

Conclusiones. Existe una pérdida de complejidad de la señal cuando la marcha se realiza en un tapiz rodante y esto debe ser tenido en cuenta para futuras estudios en esta situación.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Effects of treadmill on gait variability in healthy young subjects

Objective. The aim of study was to analyze the differences in gait variability (stride interval time series) in two different conditions (spontaneous walking vs. treadmill walking) in healthy and active young subjects.

Method. The stride interval time series derived from ten healthy and active males were studied in three experimental conditions: a) walking on level ground at their self-determined usual paces around open circle circuit for 25 minutes; and b) walking on a treadmill for 25 minutes at the same pace as in Situation a. A capture device enabled stride interval time series to be collected directly and stored during walking in both conditions, using a simple electronic push-button mounted in the heel of the dominant foot support of an insole placed in the running shoe. The mean and standard deviation (SD), Approximate Entropy (ApEn), Sample Entropy (SampEn) and Multiscale Entropy (MSE) were calculated.

Results. DE, ApEn and SampEn showed no significant changes between both experimental conditions. All MSE significantly decreased from the spontaneous walking to treadmill walking.

Conclusions. There was a loss of complexity signal when subjects walked on a treadmill. This should be taken into account for future studies under these conditions.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Introducción

Numerosos estudios indican que el comportamiento de la marcha presenta fluctuaciones, incluso en condiciones estables¹⁻⁵, y que estas fluctuaciones tienen un fondo de caos determinista sobre el que se superpone cierto grado de aleatoriedad.

Hay estudios científicos que aportan información abundante sobre este tipo de análisis de la marcha en sujetos de edad avanzada (especialmente identificando posibles patrones que indiquen riesgo de caídas)^{6,7}, en patologías que afecten estrechamente a los patrones de marcha (como son la enfermedad de Huntington^{8,9}, de Parkinson^{9,10}, la esclerosis lateral amiotrófica¹¹) o tras operaciones de ligamento cruzado anterior^{12,13} que también afectan a los patrones de marcha.

En estudios sobre la variabilidad de la marcha en sujetos sanos, la tendencia ha sido analizar la estabilidad dinámica de las variables cinemáticas del tronco para el análisis de la complejidad de la marcha en tapiz rodante ante perturbaciones aleatorias y a distintas velocidades¹⁴⁻¹⁷. En esta línea, Van Schooten et al¹⁸ y McAndrew et al¹⁹ a través de la estimulación galvánica vestibular provocada por situaciones desestabilizadoras durante la marcha en tapiz y a diferentes velocidades en sujetos sanos, observaron que dichas perturbaciones externas provocaron una pérdida de la estabilidad dinámica de la marcha.

Solo hemos encontrado un estudio²⁰ que analiza la variabilidad de la marcha en sujetos jóvenes y sanos a partir de series temporales obtenidas de curvas de presión. En él se realiza un análisis no lineal de la marcha humana en diferentes situaciones experimentales (marcha espontánea normal, a menor y mayor velocidad y controlada por un metrónomo). Para ello utilizaron una muestra de 10 hombres sanos y jóvenes (entre 18-29 años), quienes caminaron durante 1 hora sobre el suelo.

Del análisis de los trabajos disponibles se desprenden las siguientes conclusiones:

- 1) Los diferentes estudios, extrapolan las series de datos de la variabilidad de la marcha a lo largo del tiempo en función de otros parámetros como pueden ser presiones o ángulos. No hemos encontrado ningún estudio que utilice directamente series temporales.
- 2) Cualquier situación, ya sea patología (neurológica o músculoesquelética) o ambiental, reduce el comportamiento caótico de la dinámica de la marcha haciéndola más predecible.

Sin embargo, nos llama la atención que los estudios se realizan o bien sobre el suelo^{8-9,11} o bien en tapiz rodante¹²⁻¹⁹, siendo estos últimos los más numerosos en sujetos sanos. Creemos que estas situaciones no son comparables y que el tapiz rodante puede influir en el comportamiento de la dinámica de la marcha. En el ámbito del deporte, este matiz es muy importante, pues los deportistas suelen correr en suelo de manera espontánea, pero luego, las distintas pruebas médico-deportivas se hacen en tapiz rodante. Una de las probables razones es que los dispositivos de captura utilizados en la actualidad para los estudios médico-deportivos, donde incluimos el estudio de la variabilidad de la marcha son complejos y costosos, limitando el estudio al laboratorio²¹⁻²⁵. Sería importante contar con dispositivos sencillos y baratos que proporcionaran un número suficiente de datos a partir directamente de series temporales, que permitan realizar un análisis no lineal así como llevar a cabo estudios fuera de los laboratorios.

Son diversos los métodos no lineales utilizados en la bibliografía para el análisis de la variabilidad de la marcha. Entre ellos queremos destacar la entropía como medida que cuantifica la regularidad de una serie tem-

poral, de manera que un sistema con poca entropía se caracteriza por ser regular, predecible, poco complejo y poco adaptativo. Los métodos matemáticos para calcularla han ido evolucionando, existiendo tres algoritmos: la entropía aproximada (ApEn), la entropía muestral (SampEn) y la entropía multiescala (MSE). Estos tres algoritmos se han sucedido cronológicamente tratando de corregir problemas conceptuales que hacían que algunos resultados obtenidos en estudios prácticos presentaran resultados sin lógica. Así, por ejemplo, Georgoulis et al²⁶ obtiene cambios lógicos en los valores de ApEn, desde un punto de vista fisiológico, pero con valores numéricos propios de una serie temporal periódica.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue analizar, a partir de series temporales y utilizando diferentes algoritmos de entropía, las diferencias en la variabilidad de la marcha en dos situaciones distintas (marcha espontánea frente a marcha en tapiz rodante) en sujetos jóvenes, sanos y activos.

Método

Sujetos

Diez hombres sanos y físicamente activos (22,2 ± 2,1 años, 179,9 ± 0,07 cm, 80,1 ± 5,3 kg) participaron en este estudio tras superar un examen previo del aparato locomotor para descartar la existencia de alteraciones que afectaran a la marcha. Todos ellos eran estudiantes universitarios, fueron informados de las características del estudio y dieron voluntariamente su consentimiento conforme a la Declaración de Helsinki²⁷. El diseño y los protocolos de estudio fueron aprobados por el Comité de Ética del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (Sevilla, España).

Procedimiento

A todos los sujetos se les registró el tiempo de apoyo, vuelo y total del calcáneo del pie dominante en dos situaciones experimentales: caminar a un ritmo libremente elegido por circuito circular abierto durante 25 minutos (situación A) y caminar en tapiz rodante a la misma velocidad que la situación "A" durante 25 minutos (situación B). El hecho de elegir estas duraciones para cada situación de medida es porque, según la literatura revisada²⁸⁻³³, es suficiente para obtener una serie de datos óptima para el posterior análisis que pretendemos realizar.

Para obtener de forma directa una serie temporal a partir de la pisada, se utilizó un pulsador electrónico insertado en la zona de apoyo del calcáneo de una palmilla que se introducía en el calzado deportivo. La señal de este pulsador se almacenaba en una memoria RAM de 256 kb y se volcaba posteriormente al ordenador, obteniéndose una serie temporal compuesta por el tiempo de apoyo y otra por el tiempo de vuelo de cada pisada, con una precisión de 5 ms (fig. 1).

Análisis de los datos

En primer lugar, para cada una de las situaciones experimentales de cada uno de los sujetos, se calcularon la media y desviación estándar (DE) de la serie como parámetros convencionales.

Y en segundo lugar, para el análisis no lineal de la variabilidad de la marcha, se calcularon la ApEn, la SampEn y la MSE hasta una escala de 5. La ApEn se calculó utilizando el programa matemático CDA (Chaos Data Analyzer)[®], elaborado por Sprott y Rowlands (1992) para *Physics Academic Software* con licencia para el laboratorio HPER de la Nebraska at

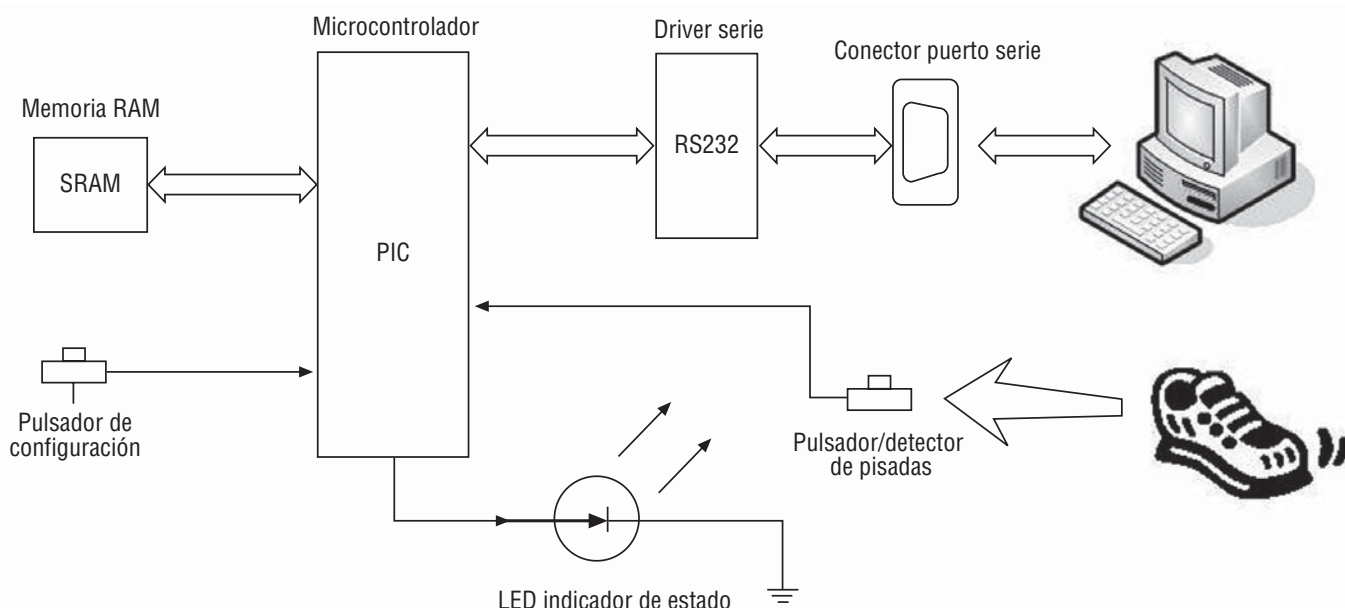


Fig.1. Esquema de los principales componentes del dispositivo de captura-palmilla.

Omaha University (Omaha; USA)³⁴ mientras que el cálculo de la SampEn y las MSE se realizó mediante el desarrollo de rutinas en Matlab 6.5 utilizando los algoritmos propuestos por Richman y Moorman para la SampEn³⁰ y por Madalena Costa para la MSE³⁵.

Todos los datos están expresados como media y desviación estándar.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos con los diferentes algoritmos para las distintas situaciones experimentales, utilizamos el programa estadístico SPSS (versión 15.0) realizando: en primer lugar un análisis descriptivo de todas las variables y a continuación un test "t" de Student para muestras pareadas para comparar el grupo de sujetos en las dos situaciones experimentales, asumiendo una distribución normal.

En todos los casos, se consideró un valor de $p < 0,05$ para establecer el nivel de significación.

Resultados

En la tabla 1 se muestran todos los valores, expresados como media y desviación estándar, de la ApEn, SampEn, MSE 2, MSE 3, MSE 4, MSE 5 y

Tabla 1

Valores expresados como media y desviación estándar, de ApEn, SampEn, MSE 2, MSE3 MSE4, MSE5 y desviación estándar al comparar la situación A (marcha espontánea) y situación B (tapiz)

	Marcha espontánea		Tapiz		Nivel de significación (p)
	Media	DE	Media	DE	
DE	21,1	4,3	19,0	6,2	0,10
ApEn	0,5	0,1	0,4	0,4	0,46
SampEn	1,7	0,1	1,6	0,2	0,07
MSE 2	1,6	0,0	1,5	0,1	0,002
MSE 3	1,5	0,1	1,4	0,1	0,01
MSE 4	1,4	0,1	1,3	0,1	0,002
MSE 5	1,4	0,1	1,2	0,1	0,01

Nivel de significación estadística $p < 0,05$. ApEn: entropía aproximada; SampEn: entropía muestral; MSE: entropía multiescala.

DE de la serie para cada una de las situaciones experimentales, así como el nivel de significación estadística.

La DE, la ApEn y la SampEn no presentan cambios significativos al comparar ambas situaciones experimentales. Sin embargo, las MSE disminuyen significativamente al comparar la marcha espontánea con la marcha en tapiz.

Discusión

El principal hallazgo de este estudio fue que el uso del tapiz rodante modifica la variabilidad de la marcha humana haciéndola menos compleja y más predecible de lo que es en situaciones normales donde no se fuerza el ritmo de los apoyos y los aspectos cinemáticos de la marcha.

El mecanismo implicado en el control locomotor es fundamentalmente complejo y no lineal. La marcha humana ha sido objeto de estudio utilizando herramientas matemáticas provenientes de las teorías del caos determinista, planteándose incluso la necesidad de reevaluar los modelos tradicionales de análisis.

Este estudio aporta información relevante sobre los valores de algoritmos no lineales calculados a través del registro directo de la serie de tiempo así como los cambios que experimenta la variabilidad de la marcha ante diferentes situaciones de estudio.

En relación al tamaño de la muestra, coincidimos con otros autores en que el tamaño muestral viene determinado por las características propias del estudio de investigación³⁶. En este sentido, el tamaño muestral exhibido en las investigaciones revisadas y que presentan una relación cercana a los objetivos y planteamientos de nuestro estudio no es muy amplio (entre 10 y 20 sujetos), situándose nuestro caso justo en el límite inferior. Otro aspecto fundamental que justifica nuestro número de sujetos es el carácter especial de la variable dependiente estudiada, es decir, la serie de tiempo obtenida de la marcha humana, de manera que, en lo que coinciden la totalidad de los autores revisados es en la importancia, por encima de la cantidad de sujetos experimentales, del número de datos que contenga cada una de las series temporales estudiadas, de forma que puedan considerarse válidos los resultados obtenidos con su

aplicación²⁹⁻³³. En nuestro caso, cada una de las series obtenidas contiene 1500 datos, provenientes de cada una de las situaciones experimentales.

En cuanto a los resultados, el análisis lineal convencional realizado a través de la DE no aporta información pues no se produjo cambio significativo alguno al comparar ambas situaciones ($p=0,10$). No nos debe sorprender dada la limitación que presentan las medidas lineales tradicionales, pues no son capaces de detectar el comportamiento caótico intrínseco de la señal, ni de distinguir entre incrementos de ruidos dentro del sistema e inherentes a la variabilidad.

En cuanto a la información aportada por la entropía como herramienta no lineal, debemos decir que tanto la ApEn como la SampEn no han mostrado sensibilidad a los cambios, mientras que los algoritmos referidos a la MSE sí lo han hecho.

Los valores de ApEn obtenidos por nosotros son un poco más elevados (entre 0,5 y 0,4) que los aportados por la literatura revisada^{12,13,26} y se corresponden con una señal caótica. Sin embargo, la ApEn no sufre cambios significativos al comparar las situaciones experimentales entre sí.

Para la medición de la MSE y en función del número de datos de la serie de tiempo, el número de escalas fue 5. En la tabla 1 se puede ver cómo los valores de ApEn son muy inferiores a los de MSE (independientemente de la escala), lo que parece apoyar la idea de que la ApEn no es el mejor algoritmo matemático para analizar la entropía.

Según los resultados del estudio, la MSE es capaz de distinguir entre la marcha espontánea y la marcha en tapiz rodante, experimentando un descenso significativo (tabla 1). Esto significa que el hecho de caminar en un tapiz rodante provoca una tendencia a la periodicidad en la dinámica de la marcha, característica que solo se ve detectada por la MSE. Cabe resaltar también la dificultad que tiene obtener una serie temporal con un número elevado de datos de la dinámica de la marcha para poder realizar un análisis no lineal con la MSE. En media hora de marcha en sujetos sanos, se obtienen un total de 1500 datos. En sujetos con patología dolorosa, puede resultar difícil.

Como conclusión, existe una pérdida de complejidad de la señal cuando la marcha se realiza en un tapiz rodante, reflejada en un descenso significativo de la MSE.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Van Emmerik REA, Rosenstein MT, McDermost WJ, Hamill J. Nonlinear Dynamical Approaches to Human Movement. *J App Biomech.* 2004;20:396-420.
- Gabell A, Nayak USL. The effect of age on variability in gait. *J Gerontol.* 1984;39:662-6.
- Guimares RM, Isaacs B. Characteristics of the gait in old people who fall. *Int Rehab Med.* 1980;2:177-80.
- Yamasaki M, Sasaki T, Torii M. Sex difference in the pattern pattern of lower limb movement during treadmill walking. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991;62:99-103.
- Yamasaki M, Sasaki T, Tsuzki S, Torii M. Stereotyped pattern of lower limb movement during level and grade walking on treadmill. *Ann Physiol Anthropol.* 1984;3:291-6.
- Buzzi UH, Stergiou N, Kurz MJ, Hageman PA, Heidel J. Nonlinear dynamics indicates aging affects variability during gait. *Clin Biomech.* 2003;18(5):435-43.
- Barak Y, Wagenaar RC, Holt KG. Gait characteristics of elderly people with a history of falls: a dynamic approach. *Phys Ther.* 2006;86(1):1501-10.
- Hausdorff JM, Mitchell SL, Firtion R, Peng CK, Cudkowicz ME, Wei JY, et al. Altered fractal dynamics of gait: reduced stride interval correlations with aging and Huntington's disease. *J Appl Physiol.* 1997;82:262-9.
- Hausdorff JM, Cudkowicz ME, Firtion R, Wei JY, Goldberger AL. Gait variability and basal ganglia disorders: stride-to-stride variations of gait cycle timing in Parkinson's and Huntington's disease. *Mov Disord.* 1998;13:428-37.
- Schaafsma JD, Giladi N, Balash Y, Bartels AL, Gurevich T, Hausdorff JM. Gait dynamics in Parkinson's disease: relationship to Parkinsonian features, falls and response to levodopa. *J Neurol Sci.* 2003;212(1-2):47-53.
- Hausdorff JM, Lertratanakul A, Cudkowicz ME, Peterson AL, Kaliton D, Goldberger AL. Dynamic markers of altered gait rhythm in amyotrophic lateral sclerosis. *J Appl Physiol.* 2000;88:2045-53.
- Moraiti C, Stergiou N, Ristanis S, Georgoulis AD. ACL deficiency affects stride-to-stride variability as measured using nonlinear methodology. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(12):1406-13.
- Moraiti C, Stergiou N, Ristanis S, Vasiliadis HS, Patras K, Lee A, et al. The effect of anterior cruciate ligament reconstruction on stride-to-stride variability. *Arthroscopy.* 2009;25(7):742-9.
- Bruijn SM, van Dieën JH, Meijer OG, Beek PJ. Is slow walking more stable? *J Biomech.* 2009;42(10):1506-12.
- England SA, Granata KP. The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. *Gait Posture.* 2007;25(2):172-8.
- McAndrew Young PM, Dingwell JB. Voluntarily changing step length or step width affects dynamic stability of human walking. *Gait Posture.* 2012;35(3):472-7.
- Sloot LH, van Schooten KS, Bruijn SM, Kingma H, Pijnappels M, van Dieën JH. Sensitivity of local dynamic stability of over-ground walking to balance impairment due to galvanic vestibular stimulation. *Ann Biomed Eng.* 2011;39(5):1563-9.
- Van Schooten KS, Sloot LH, Bruijn SM, Kingma H, Meijer OG, Pijnappels M, et al. Sensitivity of trunk variability and stability measures to balance impairments induced by galvanic vestibular stimulation during gait. *Gait Posture.* 2011; 33(4):656-60.
- McAndrew PM, Wilken JM, Dingwell JB. Dynamic stability of human walking in visually and mechanically destabilizing environments. *J Biomech.* 2011;44(4):20.
- Costa M, Peng CK, Goldberger AL, JM Hausdorff. Multiscale entropy analysis of human gait dynamics. *Physica A.* 2003;330:53-60.
- Bilney B, Morris M, Webster K. Concurrent related validity of the GAITRite® walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. *Gait posture.* 2003;17:68-74.
- Webster KE, Wittwer JE, Feller JA. Validity of the GAITRite® walkway for the measurement of averaged and individual step parameters of gait. *Gait posture.* 2005;22:317-321.
- Beauchet O, Hermann FR, Grandjean R, Dubost V, Allali G. Concurrent validity of SMTEC® footswitches system for the measurement of temporal gait parameters. *Gait posture.* 2008;27:16-159.
- Hausdorff JM, Ladin Z, Wei JY. Footswitch system for measurement of the temporal parameters of gait. *J Biomechanics.* 1995;28(3):347-51.
- Davis R, Opunpuu S, Tyurski D, Gage J. A gait analysis data collection and reduction technique. *Hum Mov Sci.* 1991;10:575-87.
- Georgoulis AD, Moraiti C, Ristanis S, Stergiou N. A novel approach to measure variability in the anterior cruciate ligament deficient knee during walking: the use of the approximate entropy in orthopaedics. *J Clin Monit Comput.* 2006;20(1):11-8.
- Fluss SS. How the Declaration of Helsinki developed. *GCP Journal.* 1999;6(6):18-22.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996;93:1043-65.
- Pincus SM. Approximate entropy as a measure of system complexity. *Proc Natl Acad Sci.* 1991;88:2297-2301.
- Richman JS, Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2000;278(6): 2039-49.
- Costa M, Goldberger AL, Peng C-K. Multiscale analysis of heart rate dynamics: entropy and time irreversibility measures. *Cardiovasc. Eng.* 2008;8:88.
- Rosenstein MT, Collins JJ, De Luca CJ. A practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small data sets. *Physica D.* 1993;65:117-34.
- Stergiou N, editor. *Innovate Analyses of Human Movement. Analytical Tools for Human Movement Research.* Champaign (Illinois): Human Kinetics Publ; 1999.
- Sprott J, Rowlands G. *Chaos data analyzer: the professional version.* 1995.
- Costa M, Goldberger AL, Peng CK. Multiscale entropy analysis of complex physiologic time series. *Phys Rev Lett.* 2002;89:68-102.
- Da Silva M. Evitando errores básicos en la investigación en ciencias del deporte. *Rev Andal Med Deporte.* 2009;2(4):109.



Revisión

Fiabilidad y validez de las pruebas *sit-and-reach*: revisión sistemática

F. Ayala^a, P. Sainz de Baranda^b, M. de Ste Croix^c y F. Santonja^d

^aFacultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Católica San Antonio. Murcia. España.

^bFacultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla La Mancha. España.

^cFaculty of Sports. Health and Social Care. University of Gloucestershire. Gloucester. United Kingdom.

^dDepartamento de Fisioterapia. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Murcia. España.

Historia del artículo:

Recibido el 1 de febrero de 2012

Aceptado el 18 de marzo de 2012

Palabras clave:

Sit and reach.

Flexibilidad.

Musculatura isquiosural.

Fiabilidad.

Validez.

RESUMEN

Las pruebas de valoración "dedos planta" o *sit-and-reach*, son las que con mayor frecuencia, clínicos, entrenadores y preparadores físico-deportivos emplean para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural. Son varias las pruebas *sit-and-reach* descritas en la literatura científica, entre las que se destacan: a) el clásico *sit-and-reach* test, b) el V "*sit-and-reach*" test, c) el *back-saver sit-and-reach test*, d) el "modificado *sit-and-reach test*" y e) el *toe-touch test*. Existen ciertas diferencias entre ellas con respecto a la posición del sujeto (unilateral o bilateral, sedentación o bipedestación, posición de la pelvis) y el equipamiento necesario (evaluado con o sin cajón de medición, ejecutado en una camilla, banco o suelo). La elección de uno u otro test va a estar en función de: a) la funcionalidad de su metodología de evaluación; b) de su fiabilidad absoluta y relativa (intra- e interexaminador) así como c) de su validez para la estimación de la flexibilidad isquiosural. Todo este conocimiento permitirá a clínicos, entrenadores y profesionales del mundo de la actividad física disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente justificado sobre qué prueba de valoración *sit-and-reach* utilizar para categorizar a sus deportistas-pacientes (estudio de la validez) y/o monitorizar la eficacia de los tratamientos aplicados (estudio de la fiabilidad absoluta y relativa) para el mantenimiento o mejora de la flexibilidad de la musculatura isquiosural. Los objetivos de esta revisión bibliográfica son analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas *sit-and-reach* para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural y lumbar.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Reliability and validity of sit-and-reach tests: systematic review

The sit-and-reach tests are widely used for clinicians, coaches and sport scientist to estimate hamstring flexibility. Several sit-and-reach tests have been reported in the scientific literature, such as: a) classic sit-and-reach test, b) V sit-and-reach test, c) back-saver sit-and-reach test, d) modified sit-and-reach test and e) toe-touch test. There are some differences regarding the subject position (uni- or bilateral, sitting or standing, hip position) and the equipment used (measuring with or without a box, executed on the table or floor) among sit-and-reach tests. The choice of either test will be based on: a) the functionality of assessing methodology; b) the relative and absolute reliability (intra and inter tester); as well as c) the validity for estimating hamstring flexibility. This knowledge will allow clinicians, coaches and physical conditioning trainer to select an appropriate sit-and-reach test to categorize their athletes-patients (validity study) and to monitor the efficacy of the treatment performed (relative and absolute reliability study) for maintenance or improvement hamstring muscle flexibility. The main purposes of this systematic review are to analyze and compare the reliability and validity of sit and reach tests for estimating hamstring and low back flexibility.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

F. Ayala.

Campus de los Jerónimos, s/n.

30107 Guadalupe. Murcia.

Correo electrónico: fayala@pdi.ucam.edu

Introducción

Un elemento destacable dentro del desarrollo de las actividades físicas y en el ámbito de la clínica es la puesta en práctica de una serie de pruebas que ofrezcan una valoración cuantitativa válida, fiable y reproducible de la flexibilidad de la musculatura isquiosural de un sujeto. Esta información es esencial para la puesta en práctica de programas específicos de trabajo o su modulación en función de la situación de partida^{1,2}.

La exploración clínica de la extensibilidad de la musculatura isquiosural ha sido origen de controversia, por las diferentes maniobras utilizadas y por el establecimiento de los límites entre la normalidad y el grado de cortedad³. Las pruebas de valoración basadas en medidas longitudinales, comúnmente conocidas como pruebas "distancia dedos planta" o "sit-and-reach" (SR), son las que con mayor frecuencia, clínicos, entrenadores y preparadores físico-deportivos emplean para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural y de la espalda baja^{4,5}. De hecho, estas pruebas han sido incluidas en numerosas baterías de tests de valoración de la condición física⁶⁻¹⁰. La razón principal de su gran popularidad reside en la sencillez y rapidez de su proceso de administración, pues consisten en la medición de la distancia existente entre la punta de los dedos de la mano y el suelo o la tangente a la planta de los pies al realizar la máxima flexión del tronco activa con rodillas extendidas.

Son varias las pruebas SR descritas en la literatura científica, siendo las más populares: a) el clásico "sit-and-reach" test¹¹ (CSR) (fig. 1), b) el V "sit-and-reach" test⁸ (VSR) (fig. 2), c) el back-saver "sit-and-reach" test¹² (BSSR) (fig. 3), d) el modificado "sit-and-reach" test¹³ (MSR) (fig. 4); y e) el "toe touch" test¹⁴ (TT) (fig. 5). Aunque todos implican un movimiento global de flexión de tronco, existen ciertas diferencias entre ellos con respecto a la posición del sujeto (unilateral o bilateral, sedentación o bipedestación, posición de la pelvis) y el equipamiento necesario (evaluado con o sin cajón de medición, ejecutado en una camilla, banco o suelo)⁵. Estas diferencias en cuanto a su proceso de evaluación confieren a cada una de estas pruebas de valoración una serie de ventajas e inconvenientes. Esta especificidad metodológica, unida al análisis de la validez, fiabilidad y reproducibilidad de los distintos protocolos SR, puede repercutir en la decisión final de elección de uno u otro protocolo por parte de clínicos, entrenadores y preparadores físico-deportivos.

Por lo tanto, los objetivos principales de esta revisión sistemática fueron: analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas *sit-and-reach* para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural y musculatura lumbar.

Análisis de la fiabilidad y validez de las pruebas de valoración *sit-and-reach*

Para la realización de esta revisión sistemática fueron seleccionados 38 ensayos científicos con diseños pre-test y post-test, así como ensayos con diseños correlacionales, cuyo objetivo fue analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas de valoración de la flexibilidad de la musculatura isquiosural.

La localización de artículos se realizó en las bases de datos informatizadas *online* más importantes en el ámbito de las áreas de la Salud y de la Educación Física, empleando como palabras clave: *sit-and-reach test*, *hamstring flexibility*, *validity*, *reliability*, *reproducibility*, pre-test y post-test, *low back flexibility* (tabla 1).

La expresión *sit-and-reach test* fue siempre utilizada como criterio de búsqueda, de tal forma que, en las diversas exploraciones bibliográficas

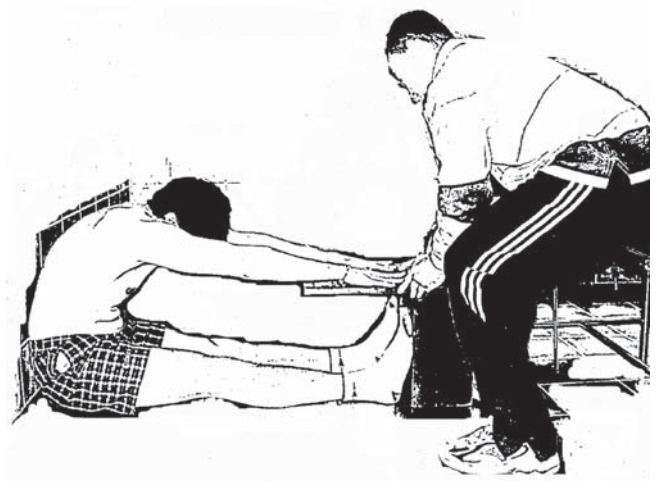


Fig. 1. Clásico *sit-and-reach* test (CSR).

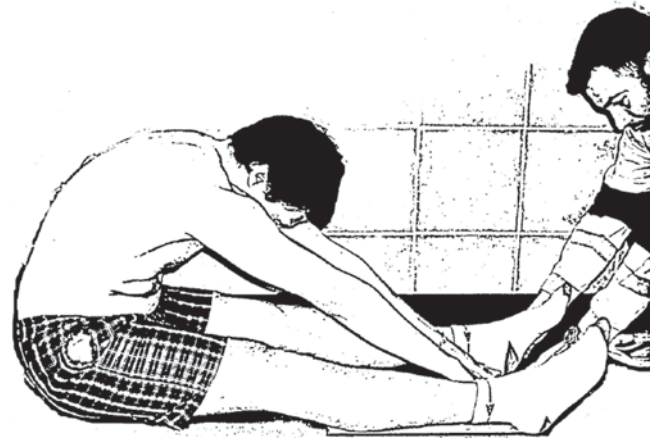


Fig. 2. V *sit and reach* test (VSR).

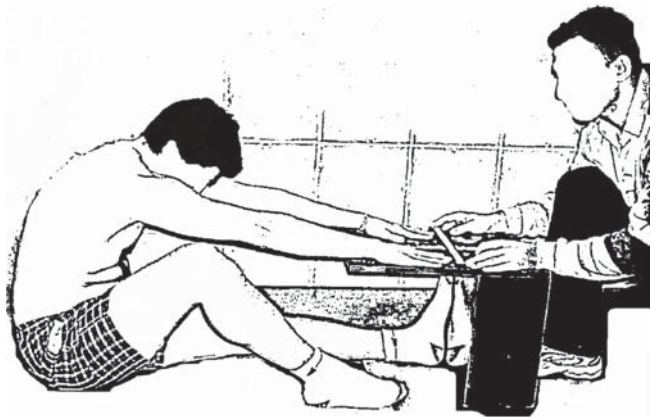


Fig. 3. Back-saver *sit-and-reach* test (BSSR).

efectuadas, el término *sit-and-reach test* siempre estuvo presente en uno de los campos de búsqueda, quedando el resto de campos subordinados con la preposición "and" y completados por una de las palabras clave anteriormente expuestas. No fue aplicada limitación en el año de publicación. La búsqueda finalizó en septiembre de 2010.

Como criterios de inclusión de obligado cumplimiento se establecieron: a) artículos con enlace a texto completo (gratuito y bajo suscrip-

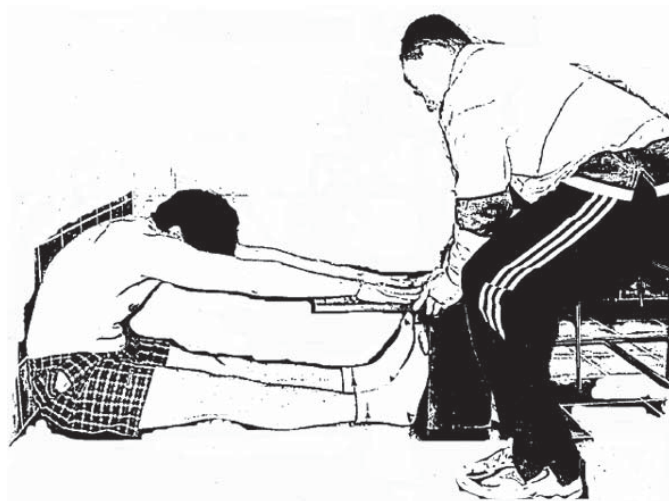
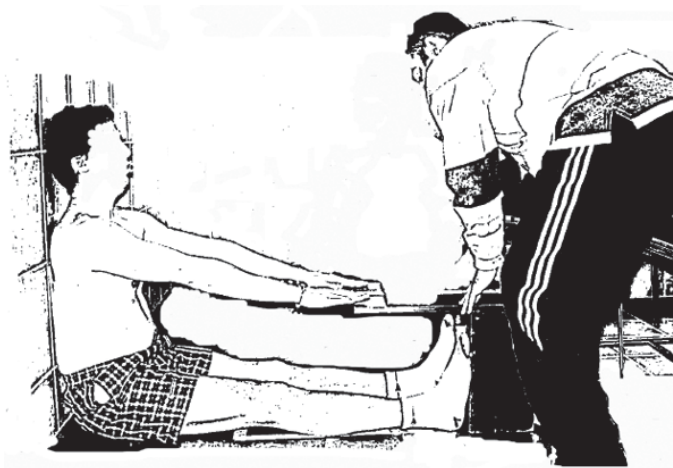


Fig. 4. Modificado *sit and reach test* (MSR) (posición inicial izquierda; posición final derecha).



Fig. 5. *Toe touch test* (TT).

Tabla 1

Bases de datos y estrategias de búsqueda utilizadas

Base de datos	Estrategias de búsqueda
PubMed	- Sit-and-reach tests
SportsDiscus	- Hamstring flexibility
OVID	- Validity
Cochrane Library	- Low back flexibility
	- Reliability
	- Reproducibility
	- Pre-test y post-test
	- Within-subjects variation

ción); b) artículos que incluyeran en el título los descriptores *hamstring*, *sit and reach*, *flexibility*, *reliability* y/o *validity*; c) artículos originales, comunicaciones cortas y resúmenes; d) estudios en hombres y mujeres de todo rango de edad y condición física; e) ensayos clínicos controlados; y f) estudios en idioma inglés o español.

Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: a) estudios no controlados; b) redactados en idioma distinto al inglés o español; c) cuyos procedimientos exploratorios no estuviesen perfectamente descritos; y d) en los que los instrumentos de medida de la flexibilidad no fuesen habituales del ámbito clínico y deportivo (por ejemplo análisis cinemático, dispositivos isocinéticos).

Fiabilidad de las pruebas de valoración *sit-and-reach*

El concepto de fiabilidad hace referencia a la consistencia o repetibilidad de una medida, esto es, si la aplicación del instrumento de evaluación reporta consistentemente los mismos resultados bajo las mismas condiciones. En este sentido, la evaluación más precisa de la fiabilidad de un instrumento o procedimiento de valoración se determina al realizar diferentes tests en cortos (consistencia interna o fiabilidad relativa) y moderados (estabilidad o fiabilidad absoluta) periodos de tiempo, empleando el clásico diseño *test-retest*^{1,15}.

La fiabilidad de una medida puede verse afectada por ciertos factores, tales como: a) la complejidad del movimiento evaluado (sesgo de aprendizaje); b) si la valoración es llevada a cabo por el mismo examinador (fiabilidad intraexaminador) o por diferentes examinadores (fiabilidad interexaminadores); c) los factores ambientales como temperatura y momento del día; d) la realización o no de calentamiento previo; e) e incluso por las características propias de la población a la que va dirigida (escolares, adultos jóvenes sanos, personas con enfermedades)¹.

Las pruebas de valoración SR han demostrado poseer de forma generalizada una elevada fiabilidad relativa intraexaminador, medida a través del índice de correlación intraclase (ICC), con valores en torno a 0,89-0,99 independientemente del sexo y del protocolo utilizado (tabla 2). En este sentido, cabe destacar que los protocolos SR más analizados con relación a su fiabilidad relativa intraexaminador han sido el CSR¹⁶⁻²³ y el BSSR^{18-22,24}, quedando en un segundo plano el MSR. VSR^{18,19} y TT^{25,26} y prácticamente inéditos son los estudios que analizan la fiabilidad relativa intraexaminador del *chair sit and reach test* (ChSRT) (fig. 6)²⁰ y modificado BSSR (MBSSR) (fig. 7)¹⁹.

Además, las poblaciones más estudiadas han sido escolares^{17,24} y de adultos jóvenes sanos^{16,18,19,21,22}, siendo muy limitados los estudios que

Tabla 2
Estudios científicos que analizan la fiabilidad relativa de los protocolos *sit-and-reach* a través del índice de correlación intraclase

Referencia	Prueba <i>sit and reach</i>	Intraexaminador	
		Hombres	Mujeres
Jackson & Baker ¹⁷ M (n = 100) Edad escolar	SRT	-	0,99
Gauvin et al. ²⁵ H (n = 47) M (n = 26) Adultos con patología lumbar	TT	0,98	0,95
Liemohn et al. ²¹ H (n = 20) M (n = 20) Adultos jóvenes	SRT BSSR	0,97 0,97	0,97 0,97
Patterson et al. ²⁴ H (n = 42) M (n = 46) Edad escolar	BSSR	0,99	0,99
Jones et al. ²⁰ H (n = 32) M (n = 48) Adultos mayores	CHSR SRT BSSR	0,92	0,96
Hui et al. ¹⁸ H (n = 62) M (n = 96) Adultos asiáticos	BSSR SRT VSR MSR	0,98 0,98 0,96 0,97	0,97 0,96 0,89 0,91
Hui & Yuen ¹⁹ H (n = 62) M (n = 96) Adultos asiáticos	SRT MBSSR BSSR VSR	0,98 0,97 0,98 0,96	0,96 0,91 0,97 0,89
Perret et al. ²⁶ H (n = 4) M (n = 6) Adultos con patología lumbar	TT	0,99	0,89
Perry et al. ²³ H (n = 23) M (n = 10) Adolescentes alto nivel tenis	SRT	0,91	
Davis et al. ¹⁶ H (n = 42) M (n = 39) Adultos jóvenes	SRT	0,94	
López-Miñarro et al. ²² H (n = 76) M (n = 67) Adultos jóvenes	SRT BSSR	0,97 0,97	0,98 0,97
Bozic et al. ²⁷ H (n = 84) Adultos físicamente activos	SRT	0,98	-

H: hombre; M: mujer; SRT: *sit-and-reach* test; VSR: *V sit-and-reach* test; BSSR: *back-saver sit -and-reach* test; MSR: modificado *sit-and-reach* test; TT: *toe touch* test; MBSSR: modificado *back-save sit-and-reach* test



Fig. 6. Chair sit and reach test (ChSR).

emplean adultos de edad avanzada²⁰, personas físicamente activas o deportistas²⁷ y sujetos con dolencias en la columna^{25,26}.

Con relación a la fiabilidad relativa interexaminador, son muy reducidos los estudios que la han examinado^{25,26,28}. Así Gauvin, Riddle y Rothstein²⁵ y Perret et al.²⁶ observaron una fiabilidad relativa interexaminador de 0,95 y 0,99 para el TT respectivamente, en sujetos con dolencia lumbar. Por su parte, Gabbe et al.²⁸ informaron de valores de fiabilidad relativa interexaminador de 0,97 para el CSR en adultos jóvenes asintomáticos.

A pesar de los limitados estudios científicos existentes relacionados con el análisis de la fiabilidad relativa intra- e interexaminador, los diversos protocolos SR parecen poseer una elevada fiabilidad relativa en sus resultados cuando se emplean en escolares y adultos jóvenes sanos, independientemente del sexo. Esto sea debido, quizás, a su carácter activo y a la sencillez de su proceso de administración.

El análisis de la fiabilidad absoluta, definida como la variabilidad de la medida durante periodos prolongados de tiempo (más de un día de intervalo entre test y retest)²⁹, puede ser considerado como el tipo de análisis de fiabilidad más importante para entrenadores, clínicos y



Fig. 7. Modificado *back-saver sit-and-reach test* (MBSSR).

profesionales del ámbito de la actividad física porque informa de la precisión en la estimación del cambio de la variable evaluada en los distintos controles efectuados a lo largo del tiempo³⁰. En este sentido, la fiabilidad absoluta informa de la variación media producida en una variable tras la aplicación de un programa de intervención libre del error de la medida¹. Así, conocer la magnitud del error de la medida de las pruebas SR nos permitirá identificar a partir de qué intervalo de valores podríamos considerar que la eficacia de un programa de intervención (ejemplo, un programa de estiramientos para la musculatura isquiosural) se debe a un error de la medida o si, por el contrario, refleja un cambio real en la variable evaluada (distancia alcanzada en las pruebas SR)^{1,30}.

Sorprendentemente, muy pocos estudios científicos han afrontado el estudio de la fiabilidad absoluta de las diferentes pruebas de valoración SR para monitorizar cambios reales en la flexibilidad isquiosural libres de error de la medida^{27,28}. En este sentido, Bozic et al.²⁷ mostraron una fiabilidad absoluta expresada a través del coeficiente de variación (probabilidad del 68%) del 6,7% (95% intervalo de confianza = 5,8-8,0%) en los resultados obtenidos en el CSR tras dos sesiones de evaluación (separadas entre sí por una semana) en adultos jóvenes físicamente activos (n = 84). Por su parte, Gabbe et al.²⁸ informaron de variaciones en los resultados obtenidos en el CSR en torno a 1 cm (calculado a través del estándar error de la medida)¹ entre dos sesiones de exploración en adultos jóvenes. Dada la escasez de estudios científicos, parece clara la necesidad de abordar con urgencia el estudio de la fiabilidad absoluta de las principales pruebas de valoración *sit-and-reach* para dotar a entrenadores y clínicos de herramientas útiles para detectar cambios reales en el nivel de flexibilidad isquiosural.

Validez de las pruebas de valoración *sit-and-reach* para estimar la flexibilidad isquiosural y de la musculatura lumbar

La validez de un instrumento de medida podría ser definida como el grado de exactitud con el que un dispositivo mide exactamente aquello que se ha propuesto medir, es decir, el grado con el que cumple su objetivo¹⁵. Al igual que la fiabilidad, la validez de un instrumento puede verse comprometida por las características individuales de la población a la

que vaya dirigido. Así, fiabilidad y validez no son características que deban ir inevitablemente ligadas, pues un instrumento de evaluación puede ser muy fiable y consistente en su medida, y sin embargo no medir aquello que se propone.

Por ello, unido al análisis de la fiabilidad de la medida de los diversos protocolos SR, es preciso realizar un estudio minucioso de la validez de sus resultados para estimar la flexibilidad de la musculatura isquiosural y de la espalda baja. En este sentido son numerosos los estudios que han analizado o comparado la validez de los diferentes protocolos SR (distancia alcanzada) para estimar la flexibilidad lumbar e isquiosural medida a través de un test angular (tabla 3). Los test angulares más utilizados como posibles criterios de referencia de la flexibilidad isquiosural y lumbar han sido el test pasivo de elevación de la pierna recta (PEPR) (fig. 8) (test criterio flexibilidad isquiosural) y test MacRae y Wright (test criterio flexibilidad lumbar). Los tests angulares anteriormente expuestos, aun no siendo pruebas *gold standard*, son ampliamente utilizados en el ámbito clínico y científico como criterios de referencia de la flexibilidad isquiosural y lumbar debido principalmente a que su procedimiento exploratorio únicamente implica el movimiento de una articulación, en comparación con las pruebas SR que suponen un movimiento global activo de todo el cuerpo.

Los resultados de los diversos estudios científicos a este respecto muestran como, de forma generalizada, los protocolos SR poseen una moderada validez para estimar la flexibilidad isquiosural, no siendo así para la estimación de la flexibilidad de la musculatura lumbar (tabla 3), todo ello en diferentes poblaciones: escolares^{17,24,31-35}, adultos jóvenes^{16,18,19,21,22,26,36-40}, adultos físicamente activos-deportistas^{39,41} y adultos de edad avanzada^{20,40,42}.

En un intento de identificar qué prueba SR podría ser más apropiada para estimar la flexibilidad isquiosural y de la musculatura lumbar, Hui et al.⁸ y Hui y Yuen¹⁹ analizaron y compararon la validez de los protocolos SR más populares en el ámbito clínico (CSR, BSSR, VSR y MBSSR) en adultos jóvenes. Estos autores observaron que todos los protocolos SR analizados presentaban valores moderados de validez para estimar la flexibilidad isquiosural, y una pobre correlación para la flexibilidad de la musculatura lumbar. Además, al comparar los diversos protocolos SR observaron que el VSR presentaba los valores de correlación más altos (aunque no significativos) para estimar la flexibilidad isquiosural y lumbar tanto en hombres como en mujeres; con ello instan a los clínicos a que lo empleen, alegando razones de validez y del escaso material requerido para su puesta en práctica.

Los resultados obtenidos por Hui et al.¹⁸ y Hui y Yuen¹⁹ no fueron en parte ratificados posteriormente por López-Miñarro et al.³⁴ con la misma población objeto de estudio, pero diferente diseño al analizar y comparar el CSR y el VSR. Así, López-Miñarro et al.³⁴ informaron de que ambos protocolos presentaban moderados valores de validez para medir la flexibilidad isquiosural, sin embargo, aunque no significativos, los valores de correlación del CSR fueron ligeramente superiores a los del VSR para hombres y mujeres.

Por su parte, Rodríguez-García et al.⁴¹ analizaron y compararon la validez del CSR y del TT para estimar la flexibilidad isquiosural en sujetos adultos jóvenes físicamente activos. Este estudio concluyó que el TT es una alternativa válida para el CSR como estimación de la flexibilidad isquiosural, con valores de correlación ligeramente superiores. Esta conclusión no concuerda con estudios previos^{2,43} aunque fue posteriormente ratificada por López et al.³⁹ con practicantes de kayak y canoa en edad escolar. Quizás una posible explicación a los mayores niveles de correlación mostrados por el TT en comparación al CSR pueda radicar en que: a) al realizar el TT el tronco sobrepasa la horizontal gracias a un movi-

Tabla 3
Estudios científicos que analizan la validez de las pruebas de valoración sit-and-reach para estimar la flexibilidad isquiosural

Referencia	Test criterio	Test que se valida	Flexibilidad isquiosural		Flexibilidad lumbar	
			Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Jackson & Baker ¹⁷ M (n = 100) Edad escolar	PEPR M & W	SRT	-	0,64**	-	0,28**
Liemohn et al. ²¹ H (n = 20) M (n = 20) Adultos jóvenes	PEPR	SRT BSSR	0,72** 0,76**	0,70** 0,70**	0,29 0,32	0,40 0,38
Cornbleet & Woolsey ³² H (n = 199) M (n = 211) Edad escolar	HJA	SRT	0,76**	-	-	-
Patterson et al. ²⁴ H (n = 42) M (n = 46) Edad escolar	PEPR M & W	BSSR	0,72**	0,52**	0,15	0,25
Ferrer ⁴³ N = 122 Edad escolar	PEPR PKE	SRT TT	0,86** 0,71** 0,85** 0,71**	-	-	-
Jones et al. ²⁰ H (n = 32) M (n = 48) Adultos mayores	PEPR	CHSR SRT BSSR	0,76** 0,74** 0,70**	0,81** 0,71** 0,71**	-	-
Chung & Yuen ³⁷ H (n = 52) Adultos jóvenes	PEPR M & W	SRT YMCA SRT	0,71** 0,64**	-	0,47*	-
Hui et al. ¹⁸ H (n = 62) M (n = 96) Adultos asiáticos	PEPR M & W	BSSR SRT VSR MSR	0,44** 0,48** 0,63** 0,45**	0,39 0,53** 0,52** 0,47**	0,24 0,27* 0,42** 0,24	0,18 0,15 0,24* 0,22*
Hui & Yuen ¹⁹ H (n = 62) M (n = 96) Adultos asiáticos	PEPR M & W	SRT MBSSR BSSR VSR	0,47** 0,45** 0,45** 0,63**	0,53** 0,47** 0,50** 0,52**	0,27* 0,24 0,27* 0,42**	0,24* 0,21* 0,18 0,24*
Perret et al. ²⁶ H (n = 4) M (n = 6) Adultos con patología lumbar	Radiografía	TT	-0,96**	-	-	-
Hartman & Looney ³³ H (n = 87) M (n = 92) Edad escolar	PEPR M. Schober AKE True Flexion	SRT BSSR	0,66** 0,67** 0,40* 0,47*	0,49* 0,48* 0,54* 0,57*	0,05 0,07 0,29 0,28	-0,7 -0,6 0,16 0,10

(Continúa)

miento de flexión de la pelvis, con lo que se logra mayor alcance con menor flexión vertebral⁴⁴ y b) en el TT hay menor limitación de movimiento de la pelvis al no estar apoyada en el suelo y además el papel de la fuerza de la gravedad es mayor²¹. No obstante, ningún estudio ha establecido si dichas teorías se confirman experimentalmente. Sin embargo, Cornbleet y Woolsey³² consideran que la posición de sedentación adoptada en el CSR permite un mejor control de la rodilla y la pelvis, y aconsejan su empleo sobre el TT. Por otro lado, Sainz de Baranda, Rodríguez. Santonja y Andújar⁴⁵ sugieren el uso del TT en las exploraciones clínicas debido a que los movimientos de flexión de tronco en bipedestación son gestos muy realizados, sobre todo en actividades de la vida diaria así como en muchos gestos deportivos.

Por otro lado, López-Miñarro et al.³⁵ al analizar y comparar la validez del MBSSR. CSR y BSSR en adultos jóvenes establecieron que: a) todos ellos presentaban valores de correlación similares con respecto al PEPR, b) consideran más apropiado el empleo del MBSSR porque permite una valoración unilateral de la flexibilidad isquiosural sin la necesidad de adoptar posiciones excesivamente incómodas y su validez es ligeramente mayor a la del resto de los protocolos analizados.

Limitaciones aportadas por la literatura científica sobre los protocolos sit-and-reach

Protagonismo de los diferentes protocolos sit-and-reach en a literatura científica

Son numerosos los estudios científicos que han analizado el criterio de validez y fiabilidad de los diferentes protocolos SR para estimar la flexibilidad isquiosural. La mayor parte de estos estudios se han centrado en el análisis de la validez de los protocolos CSR^{16-22,31-39,42}, BSSR^{18-22,24,33,35,36,46} y MSR^{18,19,31,37,42}; son menos numerosos los estudios que evalúan la validez del VSR^{18,19,43}, MBSSR^{19,35,46}, ChSR^{20,36} y TT^{26,39,41}.

Test criterio de la flexibilidad isquiosural

El test pasivo de elevación de la pierna recta unilateral ha sido el criterio de referencia de la flexibilidad isquiosural más empleado por los diversos estudios científicos para analizar la validez de los diferentes protoco-

Tabla 3

Estudios científicos que analizan la validez de las pruebas de valoración sit-and-reach para estimar la flexibilidad isquiosural (Cont.)

Referencia	Test criterio	Test que se valida	Flexibilidad isquiosural		Flexibilidad lumbar	
			Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Población						
Baltaci et al. ³⁶	PEPR	SRT	-	0,53**	-	-
M (n = 102)		CHSR		0,16		
Adultos jóvenes		BSSR		0,44**		
Lemmink et al. ⁴²	PEPR	SRT	0,74*	0,57*	0,13	0,31*
H (n = 76)	M & W	MSR	0,54*	0,57*	0,21	0,26*
M (n = 67)						
Adultos mayores						
Davis et al. ¹⁶	PEPR	SRT	0,42**	-	-	-
H (n = 42)	PKE		0,28**			
M (n = 39)			0,41**			
Adultos jóvenes						
López-Miñarro et al. ³⁵	PEPR	MBSSR	0,58**	0,75**	-	-
H (n = 120)		SRT	0,50**	0,68**		
M (n = 100)		BSSR	0,59**	0,74**		
Adultos jóvenes						
López-Miñarro et al. ³⁴	PEPR	SRT	0,59**	0,74**	-	-
H (n = 102)		VSR	0,55**	0,65**		
M (n = 96)						
Adultos jóvenes						
López et al. ³⁸	PEPR	SRT	0,66**	0,85**	-	-
H (n = 44)		TT	0,73**	0,81**		
M (n = 22)						
Kayak y Canoa en edad escolar						
Rodríguez-García et al. ⁴¹	PEPR	SRT	0,59**	0,74**	-	-
H (n = 125)		TT	0,62**	0,75**		
M (n = 118)						
Deportistas						
Castro-Piñero et al. ³¹	PEPR	SRT	¹ 0,37**	-		
H ¹ (n = 29) H ² (n = 16)		MSR	¹ 0,33**			
M ¹ (n = 27) M ² (n = 15)			² 0,37*			
¹ Edad escolar (6-12 años)			² 0,25			
² Edad escolar (13-17 años)						
López-Miñarro et al. ²²	PEPR	SRT	0,59**	0,76**	-	-
H (n = 76)		BSSR	0,51**	0,66**		
M (n = 67)						
Adultos jóvenes						

H: hombre; M: mujer; PEPR: test pasivo de elevación de la pierna recta; M & W: MacRae & Wright; PKE: *passive knee extension test*; AKE: *active knee extension test*; HJA: *hip joint angle test*; SRT: *sit-and-reach test*; VSR: *V sit-and-reach test*; BSSR: *back-saver sit-and-reach test*; MSR: *modificado sit-and-reach test*; TT: *toe touch test*; MBSSR: *modificado back-save sit and reach test*; *: p < 0,05; ** p < 0,01.



Fig. 8. Test pasivo de elevación de la pierna recta (PEPR).

los SR. Variables relativas al proceso de aplicación del test PERP, como la posición y estabilidad de la pelvis^{47,48}, unidas a la posición del tobillo (flexión dorsal o flexión plantar)⁴⁹⁻⁵¹, podrían afectar al resultado final obtenido y, con ello, a su correlación con respecto a los protocolos SR.

Probablemente la ausencia de control de estas variables (pelvis y tobillo) durante la maniobra del test PEPR podría explicar la gran variabilidad en los resultados obtenidos por los diferentes autores que emplean

el mismo protocolo SR sobre la misma población. Son escasos los estudios que informan de la adecuada estabilización de la pelvis (evitando la inclinación lateral y retroversión de la misma) y posición del tobillo durante la maniobra de evaluación del test PEPR^{22,33-35,38,39}.

Así, los estudios que controlan la disposición de la pelvis^{34,35,38,39,41} parecen presentar valores más elevados de correlación de los protocolos SR que aquellos que no estabilizan la pelvis^{13,16-21,24-26,31,36,37}. Por ejemplo, en adultos jóvenes universitarios, los autores que controlaron la estabilización de la pelvis obtuvieron, de forma general, valores de validez del CSR más altos para hombres y mujeres que sus homólogos que no la estabilizaron. Por tanto, para obtener un criterio preciso de validez de los protocolos SR, quizás sería necesaria la correcta estabilización de la pelvis para evitar fallos en la estimación real de la flexibilidad isquiosural medida a través del PEPR, mientras que la posición del tobillo durante el PEPR podría depender de si el protocolo SR que se evalúa requiere de una posición en flexión dorsal (test que necesitan cajón de medición) o en posición relajada (test que no precisan de cajón de medición).

Otro aspecto destacable de la metodología de evaluación del test PEPR es la utilización de un goniómetro o inclinómetro para la obtención del resultado final en grados. Ambos instrumentos presentan una gran fiabilidad^{52,53}. Sin embargo, la Asociación Médica Americana⁵³ recomienda el uso del inclinómetro sobre el goniómetro al considerar que el inclinómetro es una herramienta más precisa y fiable. No obstante, la mayor

parte de los estudios emplean un goniómetro para la obtención de la máxima flexión pasiva de la cadera^{17-20,24,31-33,41}, y son escasos los que emplean un inclinómetro^{22,34,35,46}.

Aspectos procedimentales de los protocolos sit-and-reach

Los factores antropométricos son una de las principales variables que podrían desvirtuar los resultados obtenidos en las diferentes pruebas SR^{13,54,55}. En este sentido, Hoeger y Hopkins⁵⁵ consideran que niños con elevada longitud de piernas y reducida longitud de tronco, por ejemplo, podrían presentar valores de cordedad en el CSR aunque tuviesen una aceptable flexibilidad isquiosural medida a través de un test angular. Sin embargo, en el contexto clínico y deportivo, las personas con importantes desalineaciones en longitud de brazos y piernas son muy escasas. En esta línea argumental, Cornbleet y Woolsey³² encontraron que tan solo un 8% de los escolares evaluados (n=410) presentaban unos valores en el test CSR influidos por factores antropométricos (longitud de brazos, piernas y tronco) o por la flexibilidad (elevada o deficiente) de la columna vertebral.

Independientemente de los factores antropométricos, las principales variables que podrían influir en el resultado final de las pruebas SR podrían ser: las curvaturas del raquis^{5,22}, la posición de la articulación del tobillo^{50,56} y la posición de la cabeza⁵⁷.

Las diferencias metodológicas existentes entre todos los protocolos SR afectan a la magnitud de las curvaturas lumbar y torácica durante el movimiento de máxima flexión de tronco, y con ello, al resultado final obtenido⁵. Esto podría ayudar a explicar la diferencia existente en el resultado final alcanzado en centímetros durante la realización de diferentes maniobras exploratorias SR, de ahí la necesidad de establecer límites de normalidad específicos para cada una de ellas.

En este sentido, López et al.⁵ compararon las curvaturas lumbar y torácica del raquis entre las diferentes pruebas SR, tanto en hombres (n=58) como en mujeres (n=47) adultos jóvenes universitarios. Los resultados obtenidos mostraron que: a) las mujeres tenían menores ángulos torácicos que los hombres en todas las pruebas SR ($p < 0,05$); b) no existían diferencias entre sexos en la curvatura lumbar; c) en la prueba VSR la curvatura torácica fue la mayor (75,3° en hombres y 65,8° en mujeres) y en la prueba TT se observaron los menores valores (61,7° en hombres y 53,1° en mujeres); d) la prueba VSR presentó los mayores valores de curvatura lumbar cuando se compara con el resto de las pruebas (30,5° en hombres y 32,0° en mujeres); y e) la prueba MBSSR obtuvo los menores valores de curva lumbar en hombres (24,2°) y mujeres (23,9°).

Al igual que en las pruebas de recorrido angular, la posición del tobillo de la pierna evaluada afecta al resultado final^{50,56}. Así, Kawano et al.⁵⁶ informaron de que existía una diferencia en torno a 3,9-4,8cm (95% IC) a favor de la prueba CSR realizada con el tobillo en posición relajada en comparación con su homónima con el tobillo en 90° de flexión plantar.

Otro factor propuesto en la literatura científica que podría alterar, si no se controla, los resultados de las pruebas SR es la posición de la cabeza de la persona evaluada⁵⁷. Smith y Miller⁵⁷ consideran que la posición de la cabeza en flexión podría estresar la musculatura erectora del raquis, la cual es su parte superior se inserta en la zona cervical, al reducir la capacidad de flexionar activamente el tronco durante las maniobras de valoración de las pruebas de recorrido lineal. Aunque sin importancia clínica, estos autores encontraron diferencias en el resultado final entre la prueba CSR con cabeza flexionada y CSR con cabeza erecta.

A pesar de que teóricamente las variables expuestas podrían influir en el grado de validez de las diferentes pruebas SR, la evidencia científica

existente parece mostrar que los test que no están influidos por factores antropométricos (MSR) así como aquellos con menor restricción de la curvaturas lumbar y torácica durante la máxima flexión de tronco (TT y CSR) no poseen valores de validez significativamente mayores ni clínicamente más relevantes que el resto de las pruebas SR^{18,19,22}.

Población objeto de estudio

Las poblaciones más empleadas como objeto de estudio por los diversos autores han sido escolares^{17,24,31-33}, adultos jóvenes^{16,18,19,21,22,26,34-37,40,46} y adultos de edad avanzada^{20,40,42}.

Los deportistas y sujetos físicamente activos son una población muy importante en la que la aplicación de los protocolos SR podría ser de extremada utilidad porque: a) el procedimiento es simple de administrar; b) es fácil para los deportistas seguir las instrucciones y observar los resultados; c) requiere escaso aprendizaje técnico y d) un gran número de deportistas puede ser evaluado en un periodo corto de tiempo. Sin embargo, son muy escasos los estudios que emplean deportistas como sujetos objeto de estudio^{39,41}. Las características de cada modalidad deportiva en lo referente a acciones técnicas, especificidad de movimientos, métodos de entrenamiento y capacidades físicas más importantes podrían producir en el deportista adaptaciones músculo-esqueléticas propias de la modalidad deportiva practicada⁵⁸.

En este sentido, Pastor⁵⁹ observó que los nadadores de alto nivel tenían un gran rango de movimiento de la flexión dorsal y lumbar del raquis, con elevados valores de cifosis torácica, y por lo tanto, el empleo del CSR podría no ser apropiado. Un fallo en la detección del riesgo de lesión como consecuencia del uso de un test con baja validez (resultado final alterado) podría evitar la prescripción de un apropiado programa de estiramientos, con lo que se incrementaría el riesgo de dolencias como consecuencia de una limitada flexibilidad isquiosural⁶⁰. Por tanto, el análisis de la validez de los diferentes protocolos SR para estimar la flexibilidad isquiosural debería ser específico para cada modalidad deportiva.

Conclusiones

Sobre la fiabilidad se puede concluir que:

- Las pruebas SR han demostrado poseer de forma generalizada una elevada fiabilidad relativa intraexaminador, medida a través del ICC, con valores en torno a 0,89-0,99.

- Son reducidos los estudios que han examinado la fiabilidad relativa interexaminador. Tan solo se han encontrado dos estudios que observaron una fiabilidad de $r=0,95-0,99$ para el test TT.

- El estudio de la fiabilidad absoluta de las pruebas de valoración SR ha sido abordado únicamente por dos estudios, que informaron de variaciones intersesión (libres del error de la medida) en los resultados obtenidos en el CSR del 6,7%.

- Son necesarios más estudios que analicen principalmente la fiabilidad absoluta de las diferentes pruebas de valoración SR. Este conocimiento permitirá a entrenadores y clínicos monitorizar y detectar cambios reales (más allá del error de la medida) en el nivel de flexibilidad isquiosural tras la aplicación de programas de intervención (por ejemplo, rutinas de estiramientos).

Sobre la validez se puede concluir que:

- De forma generalizada, los protocolos SR poseen una moderada validez para estimar la flexibilidad isquiosural, con valores que oscilan

entre $r=0,37-0,77$ para los hombres y entre $r=0,37-0,85$ para las mujeres.

– Los protocolos SR no se deben utilizar para estimar la flexibilidad de la musculatura lumbar, ya que los valores de validez oscilan entre $r=0,13-0,47$ para los hombres y entre $r=0,15-0,40$ para las mujeres.

– Existe una laguna importante en el estudio de la validez con muestras de deportistas y sujetos físicamente activos.

– La moderada y, en algunos casos, reducida validez de los protocolos SR para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural parece impedir su utilización como única herramienta de evaluación y diagnóstico de posibles casos de acortamiento (especialmente en el ámbito deportivo), por lo que es necesaria la adopción de pruebas exploratorias más específicas (test angulares como el PEPR) para llevar a cabo tales acciones con rigor y precisión.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Agradecimientos

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%.

Bibliografía

- Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 1998;4:217-38.
- Sainz de Baranda P. Educación física y actividad extraescolar: programa para la mejora del raquis en el plano sagital y la extensibilidad isquiosural en Primaria. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 2002.
- Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección.* 1995;4:81-91.
- Holt LE, Pelham TW, Burke DG. Modifications to the standard sit-and-reach flexibility protocol. *J Athle Train.* 1999;34(1):43-7.
- López PA, Sainz de Baranda P, Rodríguez PL, Ortega E. A comparison of the spine posture across several sit-and-reach test protocols. *J Sci Med Sport.* 2007;10:456-62.
- Australian Council for Health Physical Education and Recreation (ACHPER). Handbook for the Australian Fitness Education Award manual. South Australia: ACHPER Publications; 1996.
- Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP). The Canadian Physical Activity. Fitness & Lifestyle Approach (CPAFLA): CSEP-Health & Fitness Program's Health-Related Appraisal and Counselling Strategy, 3rd ed. Ottawa: CSEP; 2003.
- Cooper Institute for Aerobics Research. The Prudential Fitnessgram: Test administration manual, 3rd ed. Champaign. IL: Human Kinetics; 2004.
- Council of Europe Committee for the Development of Sport. EUROFIT: Handbook for the EUROFIT Tests of Physical Fitness. Strasbourg: Council of Europe; 1993.
- The President's Council on Physical Fitness and Sports. The President's Challenge: The Health Fitness Test. Disponible en: www.presidentschallenge.org; 2007.
- Wells KF, Dillon EK. The sit-and-reach. A test of back and leg flexibility. *Res Q.* 1952;23:115-8.
- Cailliet R. Low back pain syndrome. Philadelphia: Davis. FA; 1988.
- Hoeger WW, Hopkins DR, Button SP. Comparing the sit and reach with the modified sit and reach in measuring flexibility in adolescents. *Pediatric Exer Sci.* 1990;2:156-62.
- Kraus H, Eisenmenger-Weber S. Evaluation of posture based on structural and functional measurements. *Phys Ther Rev.* 1945;25:267-71.
- Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion: review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther.* 1987; 67:1867-72.
- 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;22:583-8.
- Jackson AW, Baker A. The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Res Q Exerc Sport.* 1986;57:183-6.
- Hui SC, Yuen PY, Morrow JR, Jackson AW. Comparison of the criterion-related validity of sit-and-reach tests with and without limb length adjustment in Asian adults. *Res Q Exerc Sport.* 1999;70:401-6.
- Hui SC, Yuen PY. Validity of modified back-server sit and reach test: a comparison with other protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1655-9.
- Jones CJ, Rikli RE, Max J, Noffal G. The reliability and validity of a chair sit-and-reach test as a measure of hamstring flexibility in older adults. *Res Q Exerc Sport.* 1998;69:338-43.
- Liemohn W, Sharpe GL, Wasserman JF. Criterion related validity of the sit-and-reach test. *J Strength Cond Res.* 1994;8:91-4.
- López-Miñarro PA, Andújar PS, 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.
- Perry AC, Wang X, Feldman B, Ruth T, Signorile J. Can laboratory-based tennis profiles predict field tests of tennis performance? *J Strength Cond Res.* 2004;18:136-43.
- Patterson P, Wiksten DL, Ray L, Flanders C, Sanphy D. The validity and reliability of the back saver sit-and-reach test in middle school girls and boys. *Res Q Exerc Sport.* 1996;67(4):448-51.
- Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical measurements of forward bending using the modified fingertip-to-floor method. *Phys Ther.* 1990;70(7):443-7.
- Perret C, Poiraudou S, Fermanian J, Colau MM, Benhamou MA, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:1566-70.
- Bozic PR, Pazin NR, Berjan BB, Planic NM, Cuk ID. Evaluation of the field tests of flexibility of the lower extremity: reliability and the concurrent and factorial validity. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2523-31.
- Gabbe BJ, Bennell KL, Wajswelnerc H, Fincha CF. Reliability of common lower extremity musculoskeletal screening tests. *Phys Ther Sport.* 2004; 5:90-7.
- Baumgartner TA. Norm-referenced measurement: reliability. En: Safrit MJ, Wood TM, editores. *Measurement concepts in physical education and exercise science.* Champaign (IL): Human Kinetics. 1989, p. 45-72.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30:1-15.
- Castro-Piñero J, Chillon P, Ortega FB, Montesinos JL, Sjoström M, Ruiz JR. Criterion-related validity of sit-and-reach and modified sit-and-reach test for estimating hamstring flexibility in children and adolescents aged 6-17 years. *Int J Sports Med.* 2009;30:658-62.
- Cornbleet S, Woolsey N. Assessment of hamstring muscle length in school age children using the sit and reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Phys Ther.* 1996;8:850-5.
- Hartman JG, Looney M. Norm-reference and criterion-referenced reliability and validity of the back-saver sit-and-reach. *Meas Phys Educ Exer Sci.* 2003;7:71-87.
- López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, Rodríguez-García PL, Yuste JL. Comparison between sit-and-reach test and V sit-and-reach test in young adults. *Gazz Med Ital - Arch Sci Med.* 2008;167:135-42.
- López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, Yuste JL, Rodríguez PL. Validez del test sin-and-reach unilateral como criterio de extensibilidad isquiosural. Comparación con otros protocolos. *Cultura. Ciencia y Deporte.* 2008;8:87-92.
- Baltaci G, Un N, Tunay V, Besler A, Gerceker S. Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. *Br J Sports Med.* 2003;37:59-61.
- Chung PK, Yuen CK. Criterion-related validity of sit-and-reach tests in university men in Hong Kong. *Percept Mot Skills.* 1999;88:304-16.
- López PA, Alacid F, Ferragut C, García A. Valoración y comparación de la extensibilidad isquiosural entre kayakistas y canoístas de categoría infantil. *Motricidad. Eur J Hum Movement.* 2008;20:97-111.
- López PA, Ferragut C, Alacid F, Yuste JL, García A. Validez de los test dedos-planta y dedos-suelo para la valoración de la extensibilidad isquiosural en piragüistas de categoría infantil. *Apunts.* 2008;157:24-9.
- Youdas JW, Krause DA, Hollman JH. Validity of hamstring muscle length assessment during the sit-and-reach test using an inclinometer to measure hip joint angle. *J Strength Cond Res.* 2008;22:303-9.
- Rodríguez-García PL, López-Miñarro PA, Yuste JL, et al. Comparison of hamstring criterion-related validity, sagittal spinal curvatures, pelvic tilt and score between sit-and-reach and toe-touch tests in athletes. *Med Sport.* 2008;61:11-20.

42. Lemmink K, Kemper H, De Greef M, Rispens P, Stevens M. The validity of the sit-and-reach test and the modified sit-and-reach test in middle-aged to older men and women. *Res Q Exerc Sport*. 2003;74:331-6.
43. Ferrer V. Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 1998.
44. Kippers V, Parker AW. Posture related to myoelectric silence of erector spinae during trunk flexion. *Spine*. 1984;9:740-5.
45. Sainz de Baranda P, Rodríguez PL, Santonja F, Andújar P. La columna vertebral del escolar. Sevilla: Wanceulen Editorial Deportiva; 2006.
46. 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.
47. 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;65:474-6.
48. 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.
49. Boland RA, Adams D. Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *Australian J Phys*. 2000;46:191-200.
50. Liemohn WP, Martin SB, Pariser GL. The effect of ankle posture on sit-and-reach test performance. *J Strength Cond Res*. 1997;11:239-241.
51. Gajdosik RL, LeVeau BF, Bohannon RW. Effects of ankle dorsiflexion on active and passive unilateral straight leg raising. *Phys Ther*. 1985;65:1478-82.
52. Leighton JR. Instrument and technic for measurement of range of joint motion. *Arch Phys Med Rehabil*. 1955;36:571-8.
53. American Medical Association. Guides to the evaluation of permanent impairment, 4th ed. Milwaukee, WI: Author; 2001.
54. Hemmatinezhad MA, Afsharnezhad T, Nateghi N, Damirchi A. The relationship between limb length with classical and modified back saver sit-and-reach tests in student boys. *Int J Fitness*. 2009;5:69-78.
55. Hoeger WW, Hopkins DR. A comparison of the sit and reach and the modified sit and reach in the measurement of flexibility in women. *Res Q Exerc Sport*. 1992;63:191-5.
56. Kawano MM, Ambar G, Oliveira BIR, Boer MC, Cardoso AP, Cardoso JR. Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14:10-5.
57. Smith JF, Miller CV. The effect of head position on sit-and-reach performance. *Res Q Exerc Sport*. 1985;56:84-5.
58. Chandler TJ, Kibler WB, Uhl TL, Wooten B, Kiser A, Stone E. Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *Am J Sports Med*. 1990;18:134-6.
59. Pastor A. Estudio del morfotipo sagital de la columna y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural de jóvenes nadadores de élite españoles. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 2000
60. Sexton P, Chambers J. The importance of flexibility for functional range of motion. *Athl Ther Today*, 2006;3:13-7.



Revisión

Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: análisis de la fiabilidad y validez

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

^aFacultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Católica San Antonio. Murcia. España

^bFacultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla La Mancha. España.

^cCentro Deportivo INACUA-Murcia. Murcia. España.

^dFacultad de Medicina. Universidad de Murcia.

Historia del artículo:

Recibido el 1 de diciembre de 2012

Aceptado el 25 de marzo de 2012

Palabras clave:

Reproducibilidad.

Rango de movimiento.

Prueba de exploración.

Validez de criterio.

Test angulares.

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 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 en todos los protocolos, fundamentalmente en cuanto a la posible participación de pelvis y raquis, la posición de la articulación del tobillo (en flexión dorsal o flexión plantar), diferentes límites de normalidad en las exploraciones, aplicación de distinta velocidad y fuerza en la realización de los test, existencia o no de calentamiento previo y variabilidad de los instrumentos empleados. La elección de uno u otro test debe estar basada en: a) la funcionalidad de su metodología de evaluación; b) su fiabilidad absoluta y relativa (intra- e interexaminador) y c) su validez para la estimación de la flexibilidad isquiosural. Todo este conocimiento permitirá disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente justificado sobre qué prueba de exploración angular utilizar para categorizar a sus deportistas-pacientes (estudio de la validez) y/o monitorizar la eficacia de los tratamientos aplicados (estudio de la fiabilidad absoluta y relativa) para el mantenimiento o mejora de la flexibilidad de la musculatura isquiosural. Por ello, los objetivos de esta revisión bibliográfica son analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas angulares para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Angular tests for estimating hamstring flexibility: reliability and validity analysis

The angular measurement tests are widely used to assess and monitor hamstring muscle flexibility in both clinic and scientific settings. Several angular measurement tests have been reported in the scientific literature, such as: a) straight leg raise test; b) knee extension test; and c) hip joint angle or sacrum angle test. Several limitations have been reported regarding the precision of these tests to assess hamstring flexibility, such as: the influence of pelvis and spine movements, the position of the ankle joint (plantar-flexion vs. dorsi-flexion), the use of different cut off values, the magnitude of the strength and speed used to perform the tests, the warm-up design and the variability of the measurement tools used. The choice of either test will be based on: a) the functionality of assessing methodology; b) the relative and absolute reliability (intra and inter tester) and c) the validity for estimating hamstring flexibility. This knowledge will allow to select an appropriate angular test to categorize their athletes-patients (validity study) and to monitor the efficacy of the treatment performed (relative and absolute reliability study) for maintenance or improvement hamstring muscle flexibility. Therefore, the main purposes of this systematic review are to analyze and compare the reliability and validity of angular tests for estimating hamstring.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

F. Ayala.

Campus de los Jerónimos, s/n.

30107 Guadalupe (Murcia).

Correo electrónico: Fayala@pdi.ucam.edu

Introducción

Un elemento destacable dentro del desarrollo de las actividades físicas y en el ámbito de la clínica es la puesta en práctica de una serie de pruebas que ofrezcan una valoración cuantitativa válida y fiable de la flexibilidad. Esta información es esencial para la puesta en práctica de programas específicos de trabajo o su modulación según la situación de partida¹.

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-esqueléticas²⁻⁴ así como con una reducción del rendimiento físico-deportivo⁵.

Las pruebas de valoración basadas en medidas angulares son utilizadas en el ámbito clínico-científico y físico-deportivo para valorar y monitorizar el estado de la musculatura isquiosural tras la aplicación de programas de intervención (por ejemplo, estiramientos). La razón principal de su gran popularidad reside en que, a diferencia de otras pruebas exploratorias (*sit-and-reach*), tan solo involucran el movimiento de una articulación (cadera y rodilla principalmente) y no están influidas por factores antropométricos (por ejemplo, longitud de brazos y piernas)⁶, lo cual las hace más precisas^{7,8}. Por el contrario, una de sus principales desventajas es la complejidad de sus procesos exploratorios, que a menudo requieren de cierto entrenamiento previo.

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)⁹, b) la prueba del ángulo poplíteo (AP)¹⁰ 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)¹¹.

La elección final de una u otra prueba debe estar basada en la sencillez del procedimiento exploratorio, en la austeridad en los recursos humanos y materiales necesarios y, de forma principal, en su grado de validez y fiabilidad. Por ello, los objetivos principales de esta revisión sistemática son: analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas angulares más empleadas en el ámbito clínico y deportivo para la estimación de la flexibilidad isquiosural.

Metodología

Para la realización de esta revisión bibliográfica fueron seleccionados ensayos científicos con diseños pre-test y pos-test, así como ensayos con diseños correlacionales, cuyos objetivos fueron analizar y comparar la fiabilidad y validez de las pruebas de valoración angular de la flexibilidad isquiosural.

La localización de artículos se realizó en las bases de datos informatizadas *online* más importantes en el ámbito de las áreas de la Salud y de la Educación Física (tabla 1). La expresión *hamstring flexibility* se utilizó siempre como criterio de búsqueda, de tal forma que, en las diversas exploraciones bibliográficas efectuadas, el término *hamstring flexibility test* siempre estuvo presente en uno de los campos de búsqueda, quedando el resto de campos subordinados con la preposición "and" y completados por una de las palabras clave expuestas en la tabla 1. No se aplicó limitación en el año de publicación. La búsqueda finalizó en febrero de 2011.

Tabla 1

Bases de datos y estrategias de búsqueda utilizadas

Base de datos	Estrategias de búsqueda
PubMed	- Straight leg raising test
SportsDiscus	- Hamstring flexibility
OVID	- Validity
Cochrane Library	- Knee extensión test
Lilacs Teseo	- Sport measurement test
	- Reliability
	- Reproducibility
	- Pre-test y post-test
	- Hip joint angle test
	- Range of motion

Como criterios de inclusión se establecieron: a) artículos con enlace a texto completo (gratuito y bajo suscripción); b) artículos que incluyeran en el título los descriptores *hamstring*, *range of motion*, *flexibility*, *reliability* o *validity*; c) artículos originales, tesis doctorales, comunicaciones cortas y resúmenes; d) estudios en hombres y mujeres de todo rango de edad y condición física; e) ensayos clínicos controlados; y f) estudios en idioma inglés, portugués o español.

Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: a) estudios no controlados; b) redactados en idioma distinto al inglés, portugués o español; c) cuyos procedimientos exploratorios no estuviesen perfectamente descritos; d) en los que los instrumentos de medida de la flexibilidad no fuesen habituales del ámbito clínico y deportivo (por ejemplo, análisis cinemático, dispositivos isocinéticos) y e) que presentaran determinaciones, a través de las diferentes pruebas, de otros síndromes o dolencias que pudieran alterar la evaluación de la flexibilidad isquiosural (lumbociática, dolencia articular de cadera, rodilla, etc.).

Fiabilidad de las pruebas de recorrido angular

El concepto de fiabilidad hace referencia a la repetibilidad de una medida, esto es, si la aplicación del instrumento de evaluación reporta consistentemente los mismos resultados bajo las mismas condiciones. En este sentido, la evaluación más precisa de la fiabilidad de un instrumento o procedimiento de valoración se determina cuando se realizan diferentes test en cortos (consistencia interna intrasesión o fiabilidad relativa) y moderados (estabilidad intersección o fiabilidad absoluta) periodos de tiempo, empleando el clásico diseño test-retest¹².

En la práctica, el análisis de la fiabilidad absoluta presenta mayor interés debido a que permitirá valorar la "eficacia real" de programas de intervención sobre el nivel de flexibilidad de pacientes y deportistas. Igualmente, otro uso importante de la fiabilidad absoluta es la posibilidad de comparar entre diferentes pruebas diagnósticas e incluso, clínicos e investigadores podrían emplear esta información para determinar el tamaño muestral de sus estudios¹².

La fiabilidad de una medida puede verse afectada por ciertos factores, tales como: a) la complejidad del movimiento evaluado (sesgo de aprendizaje); b) si la valoración la lleva a cabo el mismo examinador (fiabilidad intraexaminador) o diferentes examinadores (fiabilidad interexaminadores); c) factores ambientales como temperatura y momento del día; d) la realización o no de calentamiento previo; e) e incluso por las características propias de la población a la que va dirigida (escolares, adultos jóvenes sanos, personas con enfermedades)¹².

Prueba de elevación de la pierna recta

La literatura científica informa de que la prueba EPR (fig. 1) presenta en sus resultados una buena consistencia intrasesión, medida esta a través del índice de correlación intraclass (ICC), con valores medios en torno a $r=0,95^{13-15}$. En este sentido, para Hui y Yuen¹⁵ la fiabilidad intraclass es



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

0,94 (miembro izquierdo) y 0,96 (miembro derecho) en varones, con un coeficiente de intervalos (CI) al 95% entre 0,90-0,96 y 0,93-0,98, respectivamente. En mujeres solo varía la fiabilidad intraclase para el miembro derecho 0,94 (igual para el izquierdo).

Sin embargo, si se presta atención al análisis de la fluctuación de la medida durante periodos cortos de tiempo (<30 min) es posible observar una gran variabilidad en los resultados obtenidos por los diversos autores, oscilando el 95% IC para la diferencia entre 0,8°-14°, si bien gran parte de los estudios informan de valores medios en torno a los 6°-10° (tabla 2).

Aunque la magnitud de la variabilidad de la medida de la prueba EPR en una misma sesión no está nada clara, quizás del análisis de la literatura científica se podrían extraer ciertas hipótesis. Una primera conjetura podría ser la establecida por Hoehler y Tobis¹⁶, que tras analizar la fiabilidad intrasesión e interexaminador de la prueba EPR en sus modalidades activa y pasiva, informaron de menores valores de variabilidad para la prueba EPR activa (AEPR) (95% límite de confianza [LC]=9°) en comparación con su homónima pasiva (PEPR) (95% LC=11°). Asimismo, Gajdosik et al.¹⁷ consideran que el empleo de un soporte lumbar durante la maniobra exploratoria podría ser una medida más apropiada para mejorar la fiabilidad intrasesión que el empleo de cinchas para fijar la cadera y la pierna contra-lateral (95% LC=6° y 8° para el PEPR con soporte lumbar y las cinchas respectivamente) en adultos jóvenes asintomáticos. Por su parte, Boland y Adams¹⁸ estudiaron si la posición del tobillo (flexión plantar y flexión dorsal) podría afectar a la fiabilidad intrasesión, tanto en su vertiente interexaminador como intraexaminador. Estos autores no encontraron diferencias en la variabilidad de la medida como consecuencia de la modificación de la posición del tobillo en la maniobra exploratoria PEPR.

Si se aborda el estudio de la fiabilidad absoluta o intersesión, nos encontramos ante una importante laguna científica. Son muy pocos los estudios que abarcan su análisis, si bien lo que quizás sí podría ser establecido es que su variabilidad es mayor que cuando se emplea durante la misma sesión (fiabilidad intrasesión)¹³, con valores medios en torno a 12°-16° en adultos asintomáticos^{19,20}.

Así, el establecer una hipótesis para la fiabilidad intersesión más allá de la efectuada anteriormente sería inapropiado, dada la reducida información a este respecto y lo limitado de los procedimientos exploratorios empleados.

Por otro lado, el error de la medida parece ser menor cuando el procedimiento exploratorio lo lleva a cabo el mismo examinador, en comparación con la participación de dos o más examinadores. En este sentido,

Boland et al.²¹ y Hoehler y Tobis¹⁶ evaluaron la fiabilidad absoluta interexaminador en sujetos sintomáticos, obteniendo un 95% LC de 13° y 11° respectivamente. Por su parte, Boland y Adams¹⁸, empleando el mismo procedimiento exploratorio para evaluar la fiabilidad absoluta intraexaminador, obtuvieron menores valores de variabilidad (95% LC=9°).

Si se centra la atención en aspectos procedimentales de la metodología de evaluación, se encuentra que Gajdosik et al.¹⁷ y Li et al.²² realizan ejercicios de estiramientos previos a la maniobra exploratoria. Así, parece existir menor variación en las medidas efectuadas por Li et al.²² cuando se comparan con estudios similares que analizan la fiabilidad absoluta intersesión pero sin la ejecución de estiramientos previos. Quizás, la realización de estiramiento y la utilización del valor medio de varias mediciones como resultado final de la prueba podría ser la causa de las menores fluctuaciones encontradas en estos estudios.

Prueba del ángulo poplíteo

Tan solo Gajdosik et al.¹⁷ y Worrell y Perrin²³ aportan resultados sobre la fiabilidad intrasesión de la prueba AP (fig. 2) en sus modalidades activa (APA) y pasiva (APP), ambos en adultos jóvenes asintomáticos (tabla 3). En este sentido, Gajdosik et al.¹⁷ informaron de una buena consistencia en los resultados obtenidos en las pruebas APA (ICC = 0,86) y APP (ICC = 0,90).

Estos resultados fueron posteriormente ratificados por Worrell y Perrin²³, quienes observaron altos valores de fiabilidad relativa intra- (ICC=0,98; 95% LC=5°) e interexaminador (ICC = 0,93; 95% LC=13°) para la prueba APA.

Por otro lado, Fredriksen et al.²⁴, Decoster et al.²⁵ y Norris y Matthews²⁶ son los únicos autores que informan sobre la fiabilidad intersesión de la prueba AP, ambos en su vertiente interexaminador. Así, Fredriksen et al.²⁴ realizaron un estudio clínico empleando dos deportistas para estudiar la fiabilidad intersesión de la prueba APP con soporte lumbar y pierna evaluada a 120° de flexión de cadera. Los resultados mostraron como la prueba APP presentaba una variabilidad intersesión del 6,4%, medida a través del 95% ratio LC. Por su lado, Norris y Matthews²⁶ al evaluar la reproducibilidad de la prueba APA entre dos días consecutivos observaron una variabilidad de -15° +17° con un 95% de confianza. Finalmente, Decoster et al.²⁵ obtuvieron un valor del estadístico 95% LC para la fiabilidad intersesión de la prueba APA de 7,5° en adultos jóvenes.

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

Únicamente López-Miñarro et al.¹⁴ han abordado el estudio de la fiabilidad del ángulo Lhfx (fig. 3). Observaron unos valores de fiabilidad intrasesión en torno a 6°-9° y 7°-9° 95% LC para dicha prueba medida a través del clásico *sit-and-reach* (SRT) y *back-saver sit-and-reach* (BSSR) test respectivamente.

Por lo que respecta a la fiabilidad del ángulo Lv (fig. 4), no se han encontrado estudios científicos que hayan abordado dicha cuestión.

Validez de las pruebas angulares para estimar la flexibilidad isquiosural

La validez de un instrumento de medida podría ser definida como el grado de precisión con el cual un dispositivo mide exactamente aquello que se ha propuesto medir, es decir, el grado con el cual se cumple su

Tabla 2
Estudios que analizan la fiabilidad de la prueba exploratoria de elevación de la pierna recta presentados por orden cronológico

Referencia	Procedimiento	Tipo de fiabilidad	Resultados
Población			
Troup et al. ³² H (n=13) M (n=11) Adultos asintomáticos	PEPR. Una medición	Intraexaminador Intersesión (3 semanas)	95% IC H=14° 95% IC M=12°
Macfarlane ³¹ H (n=11) M (n=9) Adultos con dolor lumbar	PEPR. No se mantuvo la extensión de rodilla. Cadera en 5° de rotación. Más de 5 intentos. Fiabilidad a partir de intentos adyacentes	Intraexaminador Intrasesión (90s)	95% IC=14°
Hoehler y Tobis ¹⁶ H ^a (n=8) / H ^b (n=5) M ^a (n=11) / M ^b (n=3) ^a Adultos con dolor lumbar ^b Adultos con dolor en el hombro	PEPR y AEPR hasta dolor con ambas piernas medido por dos examinadores	Interexaminador Intrasesión (no especificado)	95% IC PEPR=11° 95% IC AEPR=9°
Hsieh et al. ¹³ H (n=4) M (n=6) Adultos jóvenes asintomáticos	PEPR. Asistente realiza el test mientras el investigador determina el punto final de la prueba al inicio de la inclinación de la pelvis por palpación. Tres intentos para intrasesión y 3 sesiones con una semana para intersesión	Intraexaminador Intrasesión (1 min)	95% IC: Goniómetro=1 G. pendular=0,8 Cinta métrica=0,4 ICC: Goniómetro=0,95 G. pendular=0,97 Cinta métrica=0,99
		Intraexaminador Intersesión (3,2 días)	95% IC: Goniómetro=3 G. pendular=3 Cinta métrica=6 ICC: Goniómetro=0,88 G. pendular=0,88 Cinta métrica=0,74
Rose ¹⁹ H (n=3) M (n=15) Adultos asintomáticos	PEPR	Interexaminador Intersesión (3 semanas)	95% IC pierna dcha.=15° 95% IC pierna izq.=16°
Gajdosik et al. ¹⁷ H (n=15) Adultos jóvenes asintomáticos	PEPR con pelvis y pierna opuesta cinchada y PEPR con soporte lumbar. Dos intentos de cada uno separados 30 min. Cinco ejercicios de estiramiento de isquiosurales previos al test. Dos investigadores	Intraexaminador Intrasesión (30min)	PEPR-CI: 95% IC=8° ICC=0,83 PEPR-SL: 95% IC=6° ICC=0,88
Chow et al. ³⁰ H (n=11) M (n=5) Adultos con dolor lumbar	PEPR medido 6 veces. El estudio de la fiabilidad con la 1.ª y la 6.ª repeticiones	Interexaminador Intrasesión (3 min)	95% IC=6°
Boland et al. ²¹ H (n=10) M (n=10) Adultos con dolor lumbar	PEPR. Orden aleatorio de los examinadores	Interexaminador Intrasesión (no especificado)	95% IC=13°
Li et al. ²² H (n=9) M (n=11) Adultos asintomáticos <70° EPR	Sujetos aleatoriamente distribuidos hacia grupo control o estiramientos. Tres intentos PEPR por sesión. Cinco estiramientos de isquiosurales (10s cada uno) antes de la prueba	Intraexaminador Intersesión (3 semanas)	
Boland y Adams ¹⁸ H (n=22) M (n=13) Adultos con dolor lumbar	PEPR con tobillo en flexión dorsal y PEPR con tobillo en flexión plantar	Intraexaminador Intrasesión (no especificado)	95% IC PERP-FD=9-13° 95% IC PEPR-FD=13°
		Interexaminador Intrasesión (no especificado)	95% IC PEPR-FP=9-13° 95% IC PEPR-FP=12
Lopez-Miñarro et al. ¹⁴ H (n=76) M (n=67) Adultos jóvenes	PEPR con tobillo en flexión plantar y cadera en posición neutra controlada a través de un inclinómetro. Tres intentos para cada pierna	Intraexaminador Intrasesión (5 min)	95% IC H=8° 95% IC M=11-12°

95% IC: 95% intervalo de confianza para la diferencia; APER: elevación de la pierna recta activa; Dch: derecha; FD: flexión dorsal; FP: flexión plantar H: hombres; ICC: índice de correlación intraclase; Izq: izquierda; M: mujeres; PEPR: elevación de la pierna recta pasiva.

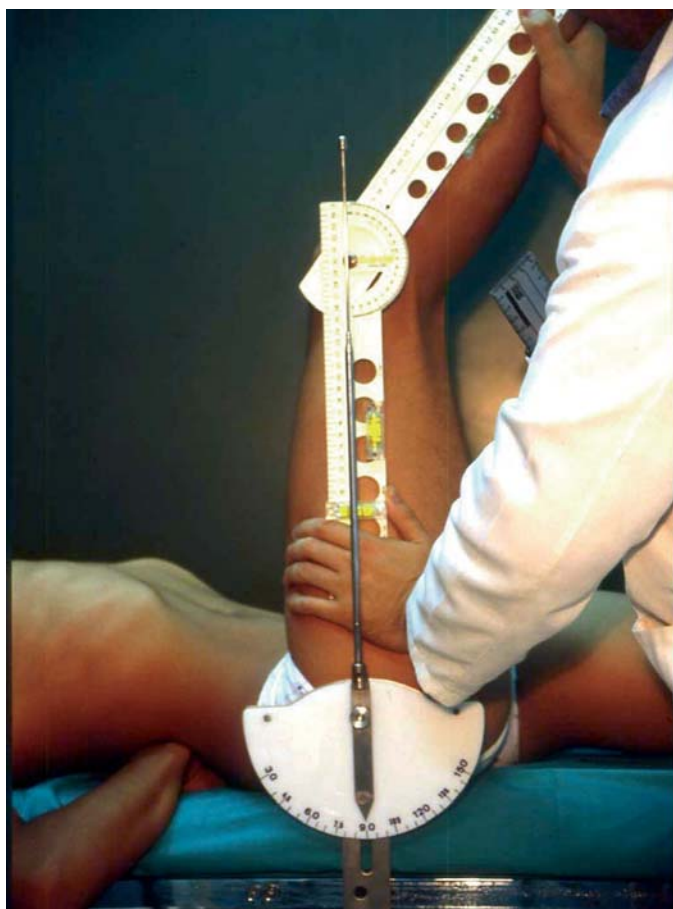


Fig. 2. Prueba pasiva del ángulo poplíteo.

objetivo¹². Al igual que la fiabilidad, la validez de un instrumento puede verse comprometida por las características individuales de la población a la que vaya dirigido. Así, fiabilidad y validez no son características que



Fig. 3. Medición del ángulo lumbo-horizontal en flexión.

deban ir inevitablemente ligadas, pues un instrumento de evaluación puede ser muy fiable y consistente en su medida, y sin embargo no medir aquello que se propone.

Por ello, unido al análisis de la fiabilidad de la medida de los diversos protocolos, es preciso realizar un estudio minucioso de la validez de sus resultados para estimar la flexibilidad isquiosural.

Con relación al estudio de la validez de un test se deben diferenciar dos conceptos: a) la validez de criterio y b) la validez concurrente. En este sentido, la prueba más válida o *gold standard* para la valoración de la flexibilidad isquiosural es la radiografía²⁷. Así, la validez de las distintas pruebas de valoración angular de la flexibilidad isquiosural debería ser establecida a través de estudios de correlación que empleen como prueba criterio la radiografía (validez de criterio). Sin embargo, dado su elevado coste personal y económico, tan solo Ferrer²⁸ ha analizado la validez de criterio de las pruebas de recorrido angular para estimar la flexibilidad isquiosural medida a través del empleo de proyecciones radiográficas (test criterio).

Tabla 3

Estudios que analizan la fiabilidad de la prueba exploratoria del ángulo poplíteo presentados por orden cronológico

Referencia	Procedimiento	Tipo de fiabilidad	Resultados
Muestra			
Worrell y Perrin ²³ H y M (n=22) Adultos asintomáticos	APA con cadera a 90°	Intrasesión Intraexaminador Intrasesión Interexaminador	ICC=0,98 95% LC=5° ICC=0,93 95% LC=13°
Gajdosik et al. ⁷ H (n=15) Adultos jóvenes asintomáticos	APA con cadera a 90° activamente. APP con rodilla 90°. Cinco ejercicios de estiramiento isquiosural previo a la prueba. Dos investigadores	Intrasesión (30 min)	APA: ICC=0,86 APP: ICC=0,90
Fredriksen et al. ²⁴ H (n=1) M (n=1) Deportistas	APP con soporte lumbar. La pierna evaluada a 120° de flexión de cadera medido con goniómetro y fijada con correa. La pierna no evaluada, cinchada. Un examinador mide mientras el otro realiza la maniobra de extensión de rodilla	Interexaminador (2-3 min) Intersesión (no especificado)	ICC=0,99 1% CV para medidas pareadas CV en mujer=0,8-2,0% CV en hombre=2,7-3,2%
Decoster et al. ²⁵ H y M (n=9) Adultos jóvenes asintomáticos	APA con rodilla a 90° activa. Un solo intento. Sin calentamiento. Investigador ciego	Interexaminador Intersesión (3 semanas)	ICC=0,89 95% LC=7,5°
Norris y Matthews ²⁶ H (n=7) M (n=13) Adultos asintomáticos	APA con rodilla a 90° activa sin cinchas Dos intentos, uno de familiarización y otro de medición. Mantener 5s la posición y se mide a los 2s.	Interexaminador Intersesión (1 día)	CM=3,6° (±2,3) p=0,59 ICC=0,761 95% LC=-15° + 17°

APA: ángulo poplíteo activo; APP: ángulo poplíteo pasivo; CM: cambios en la media; CV: coeficiente de variación; H: hombres; ICC: índice de correlación intraclase; LC: límite de confianza; M: mujeres.



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

En este estudio, Ferrer²⁸, tras analizar a 71 niños y adolescentes mediante las pruebas SRT y *toe touch* (TT), APP y PEPR, y tras un análisis radiológico para valorar las repercusiones que presentaban en la columna vertebral mediante la radiografía tónica II, observó correlaciones que oscilan entre 0,76 y 0,63 cuando se compararon los resultados entre los test lineales y angulares que valoran la musculatura isquiosural y el ángulo Lhrx en (L₄-L₅). Destaca que la mayor correlación fue para el test PEPR izquierdo ($r=0,76$) y test PEPR derecho ($r=0,74$), seguido del test APP ($r=0,66$ en pierna derecha e izquierda) y del test SRT ($r=0,64$) y test TT ($r=0,63$). Tras el análisis de los resultados este autor concluye que el test PEPR es la maniobra de exploración clínica más adecuada para la valoración de la musculatura isquiosural.

Por otro lado, y debido a la dificultad de la realización de estudios que utilicen la medida *gold standard* mediante la radiografía, la mayoría de los estudios han evaluado la validez concurrente (definida como el grado en que una medición se relaciona consistentemente con otras mediciones) entre las distintas pruebas de recorrido angular (tabla 4)^{11,14,17}.

El análisis de los estudios que establecen correlaciones entre las distintas pruebas angulares muestra como, de forma generalizada, la naturaleza (activa o pasiva) de la prueba afecta directamente al grado de validez concurrente. En este sentido, se ha observado como la validez concurrente es mayor cuando se comparan distintas pruebas con la misma naturaleza (activa-activa o pasiva-pasiva), y es menor cuando se comparan pruebas con distinta naturaleza (activa-pasiva). Un ejemplo claro que sustenta esta hipótesis se encuentra en los trabajos de Gajdosik et al.¹⁷ y Davis et al.²⁹. Así, Gajdosik et al.¹⁷ al analizar la validez concurrente entre las pruebas EPR y AP tanto en su modalidad activa como pasiva, observaron cómo la modalidad pasiva de la prueba AP obtuvo mayor coeficiente de correlación con la modalidad pasiva de la prueba EPR ($r=0,66$) en comparación con su homónima activa ($r=0,43$) en hombres adultos jóvenes. Por su parte, Davis et al.²⁹ observaron cómo la correlación entre las pruebas de valoración de igual naturaleza, PEPR y APP fue mayor ($r=0,57$) que al comparar cada una de las pruebas de valoración pasiva con la prueba activa del ángulo de inclinación de la pelvis ($r=0,41$ PEPR-Lhfx; $r=0,27$ APP-Lhfx).

Por otro lado, en un intento de identificar la prueba de recorrido lineal con la que se conseguía un mayor grado de correlación entre el ángulo de inclinación de la pelvis durante la máxima flexión de tronco y la prueba PEPR, López-Miñarro⁸ analizó y comparó la validez concurrente entre el ángulo de inclinación de la pelvis evaluado a través de las pruebas de recorrido lineal más populares (SRT, TT, BSSR, V *sit-and-reach* [VSR]; y modificado BSSR [MBSSR]) y la prueba PEPR. Así, López-Miñarro⁸ concluyó que: a) la validez concurrente del ángulo Lhfx es modera-

da-baja, siendo menor en los hombres; b) si se decide utilizar el ángulo Lhfx como medida de estimación de la flexibilidad isquiosural, es aconsejable utilizar los test SRT y TT en hombres, y el test MBSSR en mujeres, al obtener mayor validez concurrente con el test PEPR.

Estado actual del problema

Fiabilidad de las pruebas angulares para estimar la flexibilidad isquiosural

El análisis de los estudios que han abordado el cálculo de la fiabilidad de las distintas pruebas de recorrido angular ha revelado que su variabilidad no está bien establecida. Esta afirmación se sustenta, en primer lugar, en el hecho de que son muy limitados los estudios dedicados a este fin y, en segundo lugar, en las grandes diferencias metodológicas existentes entre ellos.

En este sentido, dentro de las diferentes pruebas de recorrido angular, el estudio de la fiabilidad de la prueba EPR presenta el mayor protagonismo^{13,14,16-19,21,22,30-32}, mientras que son muy reducidos los estudios que emplean la prueba AP^{17,23,24,26} y casi inéditos aquellos que analizan la fiabilidad de la prueba Lhfx¹⁴. Asimismo, los estudios que abordan la fiabilidad intersesión son muy limitados y metodológicamente inadecuados, pues emplean tamaños muestrales muy reducidos (entre 1 y 50 participantes), así como escasas sesiones de valoración ($k=2$) y periodos de separación entre ellas muy cortos (<3 semanas)^{13,19,22,24,26,28,32}.

Además, entre los diversos estudios de fiabilidad, no existe consistencia metodológica clara en cuanto a: a) el tipo de sujeto evaluado (asintomático frente a dolor lumbar); b) el tipo de fiabilidad investigada (intra- frente a interexaminador, intra- frente a intersesión); c) la modalidad de la prueba empleada (activa frente a pasiva); d) la colocación del sujeto durante ellas y e) la fijación del punto final de la prueba (sensación ligera de tirantez frente a fuerte tensión en la parte posterior del muslo frente a inicio de la inclinación de la pelvis).

Por lo tanto, parece clara la necesidad de abordar el estudio de la fiabilidad (especialmente la variabilidad intersesión) de las principales pruebas de valoración de recorrido angular empleando procedimientos exploratorios estandarizados que permitan su comparación, todo ello utilizando diferentes poblaciones y diseños de medidas repetidas.

Validez de las pruebas angulares para estimar la flexibilidad isquiosural

Los estudios que analizan la validez concurrente entre pruebas de valoración similares muestran resultados muy dispares, quizás debidos, en gran medida, a que emplean diferentes metodologías de exploración para la misma prueba^{11,17,33-35,38}. Por ello, sería necesario fijar un procedimiento de exploración concreto para cada prueba, científica y empíricamente justificado, que ahondara en aspectos tales como: a) el instrumento de medida que se utiliza (goniómetro, inclinómetro); b) el empleo de cinchas que fijen la pierna contra-lateral; c) el uso de un explorador auxiliar para estabilizar la pelvis y d) la utilización de un soporte lumbar.

Igualmente, las poblaciones más empleadas por los diversos estudios han sido escolares^{2,35,29,32} y adultos jóvenes^{11,14,17,19,34-38} mientras que son muy limitados los estudios que emplean sujetos físicamente activos y deportistas^{39,40}. Con respecto a qué modalidad presenta los mayores grados de correlación, no existen estudios que comparen la validez concurrente entre las mismas pruebas en sus dos vertientes, activa y pasiva.

Tabla 4
Validez de las pruebas de recorrido angular para estimar la flexibilidad isquiosural (estudios presentados por orden cronológico)

Referencia	Test criterio	Ángulo	Validez	
			Hombres	Mujeres
Cameron y Bohannon ³⁴ H (n=13) M (n=10) Adultos jóvenes	AEPR	APA		-0,71 [†]
Gajdosik et al. ¹⁷ H (n=30) Adultos jóvenes	PEPR-CI	APA APP	-0,43* -0,66 [†]	- -
	PEPR-RA	APA APP	-0,37* -0,65 [†]	- -
Ferrer et al. ⁷ H (n=98) M (n=24) Edad escolar	PEPR-SL	APP		-0,73 [†]
Santonja et al. ¹¹ H y M (n=126) Adultos jóvenes	PEPR	Lhfx-SRT		0,73 [†]
Rodríguez ³³ H (n=61) M (n=47) Edad escolar	PEPR-SL	Lhfx - SRT		0,73 [†]
		Lv - TT		0,71 [†]
Davis et al. ²⁹ H (n=42) M (n=39) Adultos jóvenes	PEPR	Lhfx		0,41 [†]
	APP	Lhfx		0,27 [†]
	PEPR	APP		0,57 [†]
López-Miñarro et al. ³⁵ H (n=102) M (n=96) Adultos jóvenes	PEPR-SL	Lhfx - SRT	0,55 [†]	0,68 [†]
		Lhfx - VSR	0,48 [†]	0,60 [†]
López-Miñarro et al. ³⁶ H y M (n=66) Piragüistas de categoría infantil	PEPR-SL	Lhfx - SRT LV - TT		0,72 [†] 0,76 [†]
Rodríguez-García et al. ⁴⁰ H (n=125) M (n=118) Adultos jóvenes activos	PEPR-SL	Lhfx-SRT	0,55 [†]	0,67 [†]
		Lhfx-TT	0,54 [†]	0,68 [†]
Youdas et al. ³⁸ H (n=106) M (n=106) Adultos	PEPR	Lhfx		0,59 [†]
López-Miñarro et al. ¹⁴ H (n=76) M (n=67) Adultos jóvenes	PEPR-SL	Lhfx - SRT	0,59 [†]	0,64 [†]
		Lhfx - BSSR	0,49 [†]	0,51 [†]
López-Miñarro ³⁷ H (n=108) M (n=96) Adultos jóvenes	PEPR-SL	Lhfx - SRT	0,58 [†]	0,63 [†]
		Lv - TT	0,56 [†]	0,63 [†]
		Lhfx - VSR	0,48 [†]	0,60 [†]
		Lhfx - MBSSR	0,52 [†]	0,68 [†]
		Lhfx - BSSR	0,47 [†]	0,57 [†]

AEPR: test de elevación de la pierna recta activo; APA: ángulo poplíteo activo; APP: ángulo poplíteo pasivo; BSSR: *back-saver sit and reach*; CI: cinchas; MBSR: modificado *back-saver sit and reach*; PEPR: test de elevación de la pierna recta pasivo; RA: retroversión activa; SL: soporte lumbar; SRT: *sit and reach*; TT: *toe touch*; VSR: *V sit and reach*.
[†]p <0,01; [‡]p <0,05.

Conclusiones

Sobre la fiabilidad se puede concluir que:

– Las pruebas EPR han demostrado poseer una variabilidad intrasesión que oscila entre 6 y 11°. Asimismo, la prueba EPR presenta una fiabilidad intersesión en torno a 12-16°. De forma general los valores son mejores cuando se analiza la fiabilidad intraexaminador.

– Son muy escasos los estudios que han abordado la fiabilidad de la prueba AP, y muestran una variabilidad intrasesión e intersesión de 5-13° y de 15-17° respectivamente.

– Únicamente López-Miñarro et al.¹⁴ han abordado el estudio de la fiabilidad del ángulo Lhfx. Observaron unos valores de fiabilidad intrasesión en torno a 6-9°.

Sobre la validez se puede concluir que:

– Solo un estudio ha analizado la validez de criterio de los diferentes test angulares que valoran la musculatura isquiosural utilizando como prueba estándar la radiografía. Los resultados de este estudio muestran que el PEPR es la maniobra de exploración clínica más adecuada para la valoración de la musculatura isquiosural ($r=0,76$ PEPR izquierdo; $r=0,74$ PEPR derecho frente a $r=0,66$ APP en ambas piernas).

– Los estudios que analizan la validez concurrente informan básicamente de que las pruebas EPR y AP correlacionan muy bien entre ellas, sobre todo cuando se correlacionan las variantes de la misma naturaleza (activa-activa; pasiva-pasiva); no sucede así cuando se correlacionan cualquiera de las dos pruebas anteriores con la prueba Lhfx.

Sobre el estado actual del problema se puede concluir que:

– Parece clara la necesidad de abordar el estudio de la precisión de las diferentes pruebas de recorrido angular, y de focalizar los esfuerzos en la determinación de la validez de criterio y la fiabilidad intersesión de sus medidas.

Por lo tanto, se recomienda a clínicos, fisioterapeutas, preparadores físicos y demás profesionales del ámbito físico-deportivo el empleo de la prueba exploratoria PEPR como herramienta para la estimación de la flexibilidad isquiosural debido a que: a) presenta los mejores valores de validez de criterio ($r=0,74$); b) su fiabilidad es similar a la del resto de pruebas exploratorias (intrasesión= $6-11^\circ$; intersesión= $12-16^\circ$) y c) presenta un procedimiento exploratorio sencillo y austero en cuando a los requisitos materiales se refiere.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

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%.

Bibliografía

- Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 1998;4:217-38.
- 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.
- Cailliet R. *Low back pain syndrome.* Philadelphia: Davis, FA; 1988.
- Witvrouw E, Bellemans J, Lysens R, Dannels L, Cambier D. Intrinsic risk factors for the development of patellar tendinitis in an athletic population. A two-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2001;29:190-5.
- Andersen JC. Flexibility in performance: Foundational concepts and practical issues. *Athle Ther Today.* 2006;3:9-12.
- Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección.* 1995;4:81-91.
- 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;30:247-54.
- López-Miñarro PA. Validez de criterio del ángulo lumbo-horizonta en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. *Cult Cienc Deporte.* 2010;5:25-31.
- Forst JJ. Contribution to the clinical study of sciatica. *Neuro- logical Classics XXII.* Arch Neurol. 1969;21:220-1.
- Gajdosik R, Lusin G. Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. *Phys Ther.* 1983;63:1085-8.
- Santonja F, Andújar P, Martínez I. Ángulo lumbo-horizonta y valoración de repercusiones del síndrome de isquiosurales cortos. *Apunts.* 1994;21:103-11.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30:1-15.
- Hsieh C, Walker JM, Gillis K. Straight leg raising test: Comparison of three instruments. *Phys Ther.* 1983;63:1429-33.
- 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.
- Hui SS, Yuen PY. Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: a comparison with other protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1655-9.
- Hoehler FK, Tobis JS. Low back pain and its treatment by spinal manipulation: Measures of flexibility and asymmetry. *Rheumatol Rehabil.* 1982;21:21-6.
- Gajdosik RL, Rieck MA, Sullivan DK, Wightman SE. Comparison of four clinical tests for assessing hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18:614-8.
- Boland RA, Adams D. Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *Aust J Physiother.* 2000;46:191-200.
- Rose MJ. The statistical analysis of the intra-observer repeatability of four clinical measurement techniques. *Physiother.* 1991;77:89-91.
- Troup JDC. Straight-leg-raising (SLR) and the qualifying tests for increased root tension: Their predictive value after back and sciatic pain. *Spine.* 1981;6:526-7.
- 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. p. 11-4.
- 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;76:836-49.
- Worrel TW, Perrin DH. Hamstring muscle injury: the influence os strength, flexibility warm-up and fatigue. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1992;16:12-8.
- 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.
- Decoster LC, Scanlon RL, Horn KD, Cleland J. Standing and supine hamstring stretching are equally effective. *J Athle Train.* 2004;39:330-4.
- Norris CM, Matthews M. Inter-tester reliability of a self-monitored active knee extension test. *J Bodywork Mov Ther.* 2005;9:256-9.
- Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion: review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther.* 1987;67:1867-72.
- Ferrer V. Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 1998.
- 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;22:583-8.
- Chow R, Adams R, Herbert R. Straight leg raise test high reliability is not a motor memory artefact. *Aust J Physiother.* 1994;40:107-11.
- Macfarlane A. Test retest reliability of SLR as determined by P1. Unpublished postgraduate diploma dissertation. La Trobe University. Melbourne; 1981.
- Troup JD, Hood CA, Chapman AE. Measurements of the sagittal mobility of the lumbar spine and hips. Part B. *Ann Phys Med.* 1968;9:308-21.
- Rodríguez PL. Educación física y salud del escolar: Programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital. Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada; 1998.
- Cameron DM, Bohannon R. Relationship between active knee extension and active straight leg raise test measurements. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;17:257-60.
- López-Miñarro PA, Sainz de Baranda P, Rodríguez-García PL, Yuste JL. Comparison between sit-and-reach test and V sit-and-reach test in young adults. *Gazz Med Ital - Arch Sci Med.* 2008;167:135-42.
- 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;25:103-10.
- Lopez-Miñarro PA. Validez de criterio del ángulo lumbo-horizonta en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. *Cult Cienc Deporte.* 2010;5:25-31.
- Youdas JW, Krause DA, Hollman JH. Validity of hamstring muscle length assessment during the sit-and-reach test using an inclinometer to measure hip joint angle. *J Strength Cond Res.* 2008;22:303-9.
- Gómez S. Estudio sagital del raquis en bailarinas de danza clásica y danza española. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia; 2007.
- Rodríguez-García PL, López-Miñarro PA, Yuste JL, Sainz de Baranda P. Comparison of hamstring criterion-related validity, sagittal spinal curvatures, pelvic tilt and score between sit-and-reach and toe-touch tests in athletes. *Med Sport.* 2008;61:11-20.



Revisión

Ejercicio excéntrico declinado en la tendinopatía patelar crónica: revisión sistemática

F. Araya Quintanilla^a, H. Gutiérrez Espinoza^{ab}, R. Aguilera Eguía^a, N. Polanco Cornejo^a y J.J. Valenzuela Fuenzalida^a

^aGrupo de Kinesiología Basada en la Evidencia. Universidad de las Américas. Santiago. Chile.

^bServicio de Kinesiología. Centro de Diagnóstico Terapéutico. Hospital Clínico San Borja Arriarán. Santiago. Chile.

Historia del artículo:

Recibido el 24 de diciembre de 2011

Aceptado el 22 de marzo de 2012

Palabras clave:

Tendinopatía patelar.

Ejercicio excéntrico.

Ensayo clínico aleatorizado.

Revisión sistemática

Key words:

Patellar tendinopathy.

Eccentric exercise.

Randomized clinical trial.

Systematic review

RESUMEN

La tendinopatía patelar crónica afecta principalmente a deportistas con sobrecarga del mecanismo extensor de rodilla. En las últimas décadas el ejercicio excéntrico se ha transformado en una indicación de rutina para el manejo de esta condición clínica. Se realizará una síntesis de la evidencia a través de una revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados que hayan comparado un programa de ejercicio excéntrico declinado con uno estándar para el manejo de estos pacientes. El objetivo de esta revisión es determinar si existe evidencia científica que avale que el ejercicio excéntrico declinado es más efectivo que el ejercicio excéntrico estándar en el tratamiento de pacientes con tendinopatía patelar crónica. La estrategia de búsqueda incluyó ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y ensayos clínicos controlados (ECC); las bases de datos usadas fueron: Medline, Cinahl, Pedro, Central, Lilacs. Los resultados obtenidos fueron de cuatro artículos que cumplían con nuestros criterios de elegibilidad. Se concluye que existe evidencia contradictoria sobre que el ejercicio excéntrico declinado sea más efectivo que el ejercicio excéntrico estándar en el manejo del dolor y la mejora de la funcionalidad, a corto, medio y largo plazo en pacientes con tendinopatía patelar crónica.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Declined eccentric exercise in chronic patellar tendinopathy: Systematic Review

Chronic patellar tendinopathy affects mainly overhead athletes with knee extensor mechanism. In recent decades eccentric exercise has become an indication for routine clinical management of this condition. There will be a synthesis of evidence through a systematic review of randomized clinical trials that have compared an eccentric exercise program declined versus a standard for the management of these patients. The aim of this review is to determine whether there is scientific evidence that proves that declined eccentric exercise is more effective than standard eccentric exercise in the treatment of chronic patellar tendinopathy patients. The search strategy included randomized controlled trials (RCTs) and controlled clinical trials (CCTs); the databases used were MEDLINE, CINAHL, PEDro, CENTRAL, LILACS. The results were four articles that met our eligibility criteria. We conclude that there is conflicting evidence that eccentric exercise declined to be more effective than standard eccentric exercise in pain management and improved functionality, the short, medium and long term in patients with chronic patellar tendinopathy.

© 2011 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

F. Araya Quintanilla

Email: :fandres.kine@gmail.com

Introducción

El término tendinopatía se usa preferentemente para describir varias dolencias del tendón¹⁻³, incluyendo paratendinitis, tendinitis y tendinosis^{4,5}. Dentro de las tendinopatías más comunes se encuentra la tendinopatía patelar (TP)⁶. Esta condición clínica limitante y recurrente afecta principalmente a deportistas sometidos a alta demanda de la fuerza y la potencia del mecanismo extensor de rodilla, tales como voleibolistas, basquetbolistas, futbolistas y algunas disciplinas atléticas^{7,8}. En estos grupos, se ha reportado una incidencia entre un 40 y un 50%⁹⁻¹¹, por esto también es conocida como “rodilla del saltador” (*jumper's knee*)^{6,8}. Sin embargo, también se ha descrito una prevalencia de un 14% en deportistas de tipo recreacional¹¹. Aunque gran parte de los mecanismos patogénicos de las tendinopatías no están claramente establecidos, aún sigue siendo un tema de debate o controversia en la literatura si estas corresponden a un proceso inflamatorio o degenerativo¹². A pesar de que los resultados de estudios histopatológicos han mostrado ausencia de mediadores inflamatorios en la fase crónica de esta dolencia¹²⁻¹⁴. Hay autores que señalan el sobreuso del tendón como la causa inicial o desencadenante de la TP^{4,15,16}, al producirse microroturas de las fibras y liberación de precursores químicos que promueven el proceso de reparación tisular, todo esto acompañado de la liberación de citoquinas inflamatorias, las cuales explicarían la aparición del dolor y la inflamación neurogénica¹⁷. Por esto resulta concebible que la inflamación y la degeneración no sean mutuamente excluyentes, sino que sean procesos que actúan en conjunto en algunas de las etapas de la patogénesis de la de la TP¹². Por otra parte, resulta importante mencionar que cuando el tendón está sometido a sobrecarga de esfuerzos repetitivos, los microtraumatismos acumulativos producen daño a escala microscópica sin respetar los tiempos de reparación, debido a que las concentraciones de carga anormal y las fuerzas de fricción entre las fibras, no solo debilitarían el colágeno, sino que además se asocian a cambios patológicos en la matriz extracelular y a elementos vasculares del tendón¹⁸⁻²¹. Es así como la TP puede ser considerada como una secuencia de eventos que van desde cambios histológicos hasta la presentación clínica, lo que se puede asemejar a un “iceberg”, según lo planteado por Abate (fig. 1). La base del iceberg representa lo que sucede en condiciones fisiológicas, es decir, durante la práctica de ejercicios en condiciones normales, sin embargo, si los tiempos de recuperación o el flujo sanguíneo son inadecuados, el esfuerzo repetitivo dará lugar a microdaños en el tendón (primera fase de la tendinopatía); en una segunda fase se producirá una cascada patogénica en la que hay liberación de mediadores químicos, factores de crecimiento vascular y radicales libres de oxígeno lo que resulta en la degradación del tendón, el aumento de la angiogénesis, la neovascularización y la proliferación nerviosa, lo que se traducirá en una inflamación neurogénica. Por último, la punta del iceberg corresponde al dolor que es la fase final del proceso degenerativo crónico de los tendones¹². Esto implica que desde el punto de vista conceptual, el dolor solo corresponde al síntoma de alarma, mientras existe una serie de procesos que subyacen a esta condición.

Lo anterior debe ser considerado en el análisis de los resultados acerca de la efectividad clínica de las distintas intervenciones fisioterapéuticas propuestas para el manejo de la TP. En la fase aguda del tratamiento se ha propuesto la reducción de factores de riesgo tales como: errores de entrenamiento²², problemas de flexibilidad²²⁻²⁶ y alteraciones biomecánicas^{22,24,27}, junto con la reducción de síntomas, a través de: reposo relativo^{25,26,28}, hielo^{24,26} y algunas modalidades fisioterapéuticas como ultrasonido y láser^{22,26}. En los casos crónicos se ha propuesto un programa de

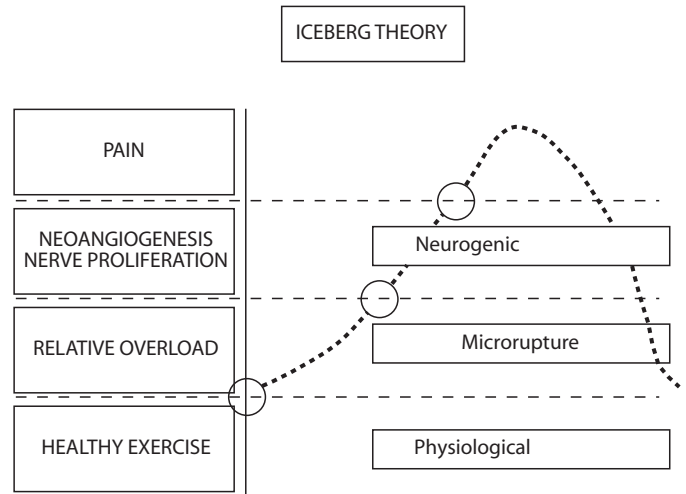


Fig. 1. Esquema de la teoría del iceberg.
Fuente: Abate et al.¹² (con autorización del autor).

rehabilitación que incorpore las diferentes modalidades de ejercicios de fortalecimiento^{22,23,25,29}, de flexibilidad y propiocepción²², además del uso de algunas modalidades de masaje (Cyriax)^{25,27,28}. También se prescribe el uso de inyecciones de corticoides, aunque estudios recientes han mostrado efectos positivos a corto plazo, pero negativos en el largo³⁰. Por último, la opción de cirugía ha mostrado un éxito muy limitado^{31,32}. Dentro de los programas de rehabilitación propuestos para el manejo de la TP, desempeñan un papel fundamental los ejercicios de fortalecimiento excéntrico^{8,29,33,34} que han sido recomendados para diversas tendinopatías^{25,35,36}. Durante la década de los 80, Curwin y Stanish³⁷, Fyfe y Stanish³⁸ y Stanish, et al.³⁹ publicaron diversos informes acerca del uso del ejercicio excéntrico progresivo para reducir la sintomatología asociada al proceso de tendinosis. Comienzan de esta forma a ser considerados como la piedra angular de la mayoría de los programas de rehabilitación de las diferentes tendinopatías^{36,40}. Este programa comenzaba con un calentamiento y ejercicios de elongación (*stretching*), luego se realizaba una modalidad de ejercicio en sentadillas (*drop squats*) y finalizaba con elongación y hielo. Este programa se utilizó durante dos décadas: fue hasta 1998, cuando Alfredson et al.⁴¹ publican un programa de ejercicio excéntrico en tendinopatía aquileana, que establecía algunas diferencias con el programa de Curwin y Stanish: movimiento suave, tratamiento progresivo adicionando carga y, en lo posible, libre de dolor durante el movimiento excéntrico. Las bases de los protocolos de Curwin y Alfredson sirvieron de referencia para la realización de algunos estudios clínicos en pacientes con TP, que recomendaban los ejercicios de sentadillas como tratamiento para esta condición clínica^{42,43}. Autores como Frohm et al.⁷ han propuesto que la carga mecánica es esencial para la salud y el rendimiento de los tendones. A pesar de que la magnitud y las características óptimas de la carga mecánica todavía son desconocidas, la carga excéntrica parece ser un factor importante en la adaptación estructural de los músculos y tendones para la prevención y el tratamiento de lesiones⁴⁴. El trabajo de Fredberg et al.¹⁷ estableció una teoría patológica global, que refiere que el ejercicio no daña el tendón, sino más bien lo refuerza, estimulando la producción de nuevas fibras de colágeno. Prevalece así el incremento en la síntesis, más que la degradación de este^{17,28}. Por lo cual, el tendón se vuelve más grande, más fuerte y más resistente a las lesiones, con el consiguiente aumento de resistencia a la tracción y a la rigidez elástica⁴⁵.

Investigaciones previas sugieren que la eficacia de la rehabilitación del ejercicio en sentadillas puede estar relacionada con la carga aplicada en el músculo cuádriceps⁷. En donde, la implementación de una superficie declinada (25°) reduciría la tensión de la musculatura de la pantorrilla, permitiendo un mejor aislamiento del mecanismo extensor de rodilla lo que según Purdam et al.⁴⁶ llevaría a una disminución potencial en la carga excéntrica a través del tendón patelar. De lo anteriormente expuesto nace nuestra pregunta de investigación: en la rehabilitación de deportistas esqueléticamente maduros, ¿existe evidencia de que el ejercicio excéntrico declinado es más efectivo que el ejercicio excéntrico estándar en el manejo terapéutico de la TP crónica?

Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido determinar si existe evidencia científica que avale que el ejercicio excéntrico declinado es más efectivo que el ejercicio excéntrico estándar en el manejo terapéutico de deportistas con TP crónica.

Metodología

Tipos de estudios

Para la realización de la presente revisión sistemática (RS) se desarrolló una estrategia de búsqueda en la cual se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y ensayos clínicos controlados (ECC) que cumplirían con nuestros criterios de elegibilidad.

Bases de datos

Se realizó una búsqueda electrónica en las siguientes bases de datos: MEDLINE, (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed acceso el 1 de noviembre del 2011) LILACS (www.bases.bireme acceso el 3 de noviembre del 2011), CINAHL (www.ebscohost.com/cinahl acceso 5 de noviembre del 2011), PEDro (www.pedro.org.au acceso el 2 de noviembre del 2011) CENTRAL (www.cochrane.org acceso el 7 de noviembre 2011; se seleccionaron artículos publicados entre 1 de agosto de 1980 y el 31 de octubre del 2011).

Términos de búsqueda

Los términos de búsqueda de nuestra revisión fueron obtenidos del MeSH (tesauro de PubMed) siendo algunos de ellos: *rehabilitation*, *patellar tendinopathy*, *exercise therapy*. También se incluyó un término de texto libre: *runner's knee*. Para llevar a cabo la búsqueda en la base de datos MEDLINE se utilizó la estrategia de búsqueda sensible propuesta en el *Handbook Cochrane*⁴⁷.

1) Patellar tendinopathy, 2) *runner's knee*, 3) *chronic tendinopathy*, 4) #1 OR #2 OR #3, 5) *Rehabilitation* [Mesh], 6) *exercise therapy* [Mesh], 7) *eccentric exercise*, 8) #5 OR #6 OR #7, 9) #4 AND #8, 10) *randomized controlled trial*, 11) *randomized clinical trial*, 12) *systematic review*, 13) #10 OR #11 OR #12, 14) *humans*, 15) *Animals* 16) #14 NOT #15, 17) #13 AND #16, 18) #9 AND #17.

Para las bases de datos Central, Cinahl, Lilacs y PEDro se realizó la estrategia de búsqueda con la combinación de los términos MeSH mencionados previamente.

Límites de búsqueda

- Pacientes deportistas esqueléticamente maduros
- Sin distinción de sexo ni raza.

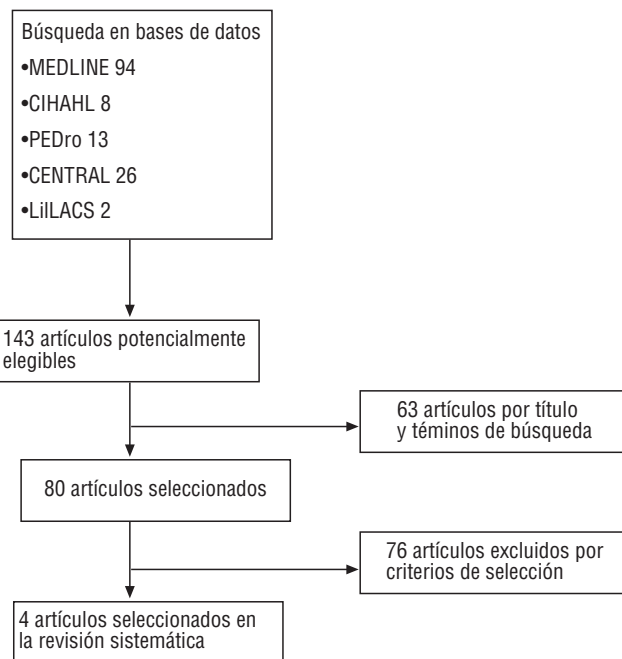


Fig. 2. Algoritmo de búsqueda.

- Artículos publicados en inglés y español.
- Publicados entre el 1 de agosto de 1980 y el 31 de octubre del 2011.

Criterios de selección

A los artículos seleccionados por la búsqueda preliminar, se les aplicó una lectura crítica a los resúmenes y/o textos completos. Estos fueron evaluados según los siguientes criterios

Criterios de inclusión

- ECA y ECC.
- Pacientes deportistas con diagnóstico de TP crónica realizado en forma clínica y/o imagenológica.
- Estudios que compararan un programa de entrenamiento excéntrico declinado con el excéntrico estándar en pacientes con TP.
- Estudios que hayan evaluado la efectividad terapéutica con: métodos uni- o multidimensionales para valorar el dolor (escala visual analógica [EVA]), rango de movimiento, fuerza muscular, escalas de funcionalidad, retorno deportivo o satisfacción del paciente.

Criterios de exclusión

- Estudios que valoren exclusivamente parámetros biomecánicos (cinéticos y/o cinemáticos) (fig. 2).

Evaluación del riesgo de sesgo de los artículos seleccionados

Sobre la base de los criterios de selección de nuestra RS, solo cuatro artículos fueron incluidos^{7,40,46,48}. El riesgo de sesgo se evaluará utilizando la herramienta propuesta en el *Cochrane Handbook* para ensayos clínicos aleatorizados⁴⁹. Cada estudio será evaluado cualitativamente y los resultados serán presentados en una tabla especificando si cumple el criterio (será representado con el color verde, bajo riesgo de sesgo), o si no lo cumple (con color rojo, alto riesgo de sesgo). Si no está claro se representa con color amarillo (falta de información o incertidumbre sobre la potencial presencia de sesgo) (fig. 3).

	Adequate sequence	Allocation	Blinding	Incomplete outcome data	Free of selective	Free of other
Frohman 2007	?	+	-	+	+	+
Purdum	-	?	-	+	+	-
2004	?	?	+	+	+	?
Visnes 2005	?	?	-	+	+	+

Fig. 3. Riesgo de sesgo de los artículos incluidos.

Los seis criterios a evaluar son:

- Generación de la secuencia de aleatorización.
- Ocultamiento de la secuencia de aleatorización.
- Cegamiento.
- Manejo adecuado de las pérdidas (análisis por intención de tratar).
- Informe selectivo de resultados.
- Otros sesgos (sesgo de publicación).

Recopilación de datos

Tres de los autores (FA, NP, JV) realizaron la cadena de búsqueda en forma independiente y seleccionaron los artículos que eran potencialmente elegibles; dos asesores independientes (HG, RA) evaluaron la calidad metodológica de los artículos seleccionados, en caso de desacuerdo o discrepancia los autores acordaron incorporar el estudio y en el análisis posterior decidir mediante discusión y consenso su inclusión final.

Síntesis y análisis de datos

Partiendo del análisis de los datos extraídos de los artículos que cumplían los criterios de elegibilidad de nuestra revisión sistemática, y al comparar un programa de ejercicio excéntrico declinado en 25° con un programa de ejercicio excéntrico estándar, solo se pudieron agrupar los datos de tres artículos en dos comparaciones^{40,46,48}. La valoración del dolor mediante la escala de EVA a la 12.^a semana y la valoración de funcionalidad con la escala de VISA-P a la 12.^a semana. A pesar de que las intervenciones, comparaciones y el seguimiento fueron similares, algunos datos específicos acerca de las mediciones no se reportaban en los estudios. Se contactó con los autores para requerir información adicional⁷. Para realizar el análisis estadístico de los datos se usó el programa RevMan 5. Las medidas de resultados funcionales fueron analizadas como variables continuas; los estimadores puntuales ocupados para variables continuas como *diferencia de medias (DM)* con sus respectivos intervalos de confianza 95% (IC). Los resultados de los artículos solo se pueden combinar para llegar a un estimador puntual cuando son homogéneos.

La homogeneidad clínica se considera cuando los pacientes, intervenciones, medidas de resultados y seguimiento son similares, sin embargo, para llevar a cabo un metaanálisis se debe evaluar además la homogeneidad estadística. Esta será evaluada con la prueba estadística de χ^2 (X^2) y el test de heterogeneidad I^2 . Se consideró admisible realizar un metaanálisis cuando el análisis de los datos mostraban baja heterogeneidad, con un valor X^2 con un $P > 0,1$ y el test I^2 con un valor menor o igual a un 40%. En relación con los datos extraídos de los tres artículos^{40,46,48} solo fue posible calcular la DM para la escala de funcionalidad VISA-P^{46,48} y para el dolor con EVA^{40,46,48} a la 12.^a semana. Se realizó el análisis estadístico con el método de varianza inversa y un modelo de efecto aleatorio. Sin embargo, los valores de la prueba estadística de X^2 y el test de heterogeneidad I^2 muestran una alta heterogeneidad, lo que no permite realizar la combinación estadística para ninguna de las dos comparaciones. Cabe mencionar que para realizar el análisis estadístico no se pudo contar con los datos del estudio de Frohman⁷, ya que los autores de la presente RS intentaron de manera infructuosa contactar con el autor durante un periodo de seis meses, sin obtener una respuesta positiva a nuestros requerimientos (figs. 4 y 5).

Criterios para valoración de los resultados

Los cuatro artículos seleccionados por nuestra búsqueda estaban en condiciones de poder agruparse en una comparación basada en un estimador puntual; sin embargo, el análisis estadístico de la heterogeneidad para las dos comparaciones admisibles de realizar no lo permitían. Por este motivo, se utilizó un método cualitativo recomendado por el *Grupo Cochrane de Espalda*⁴⁹ con el uso de niveles de evidencia para la síntesis de los datos.

Evidencia sólida: proporcionada por hallazgos generalmente consistentes en múltiples ECA (tres o más) con calificación de bajo sesgo.

Evidencia moderada: proporcionada por resultados generalmente consistentes en un ECA con bajo sesgo. También se puede interpretar como hallazgos generalmente consistentes en múltiples ECA con calificaciones de sesgo moderado.

Evidencia limitada: proporcionada por hallazgos consistentes en uno o más ECA con alto riesgo de sesgo.

Evidencia contradictoria: hallazgos no coherentes o inconsistentes en múltiples ECA.

Ninguna evidencia: ningún ECA encontrado.

Resultados

Selección y características de los estudios

De acuerdo con los criterios de nuestra revisión, la búsqueda preliminar identificó 143 artículos potencialmente elegibles; al aplicar los límites de búsqueda y los criterios de selección, solamente quedaron cuatro estudios. En los tres ECA y un ECC seleccionados^{7,40,46,48} (n=83 pacientes), todos los estudios se realizaron en pacientes con TP crónica: un grupo fue tratado con un programa de ejercicio excéntrico en un plano declinado (n=41 pacientes) y el otro con un programa de ejercicio excéntrico estándar (n=42 pacientes); los tamaños de la muestra variaron entre 15 y 90 pacientes con un promedio de 46 pacientes por estudio; el rango de edad de los pacientes estaba entre 18 y 35 años con un promedio de 23 años.

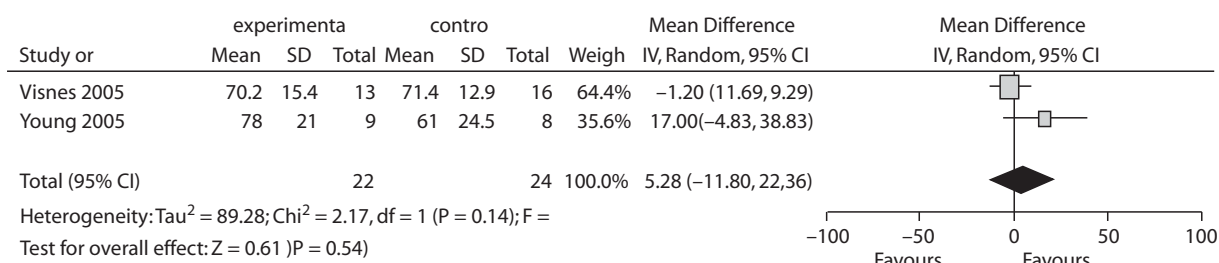


Fig. 4. Forest Plot, escala de funcionalidad VISA-P a la 12.ª semana.

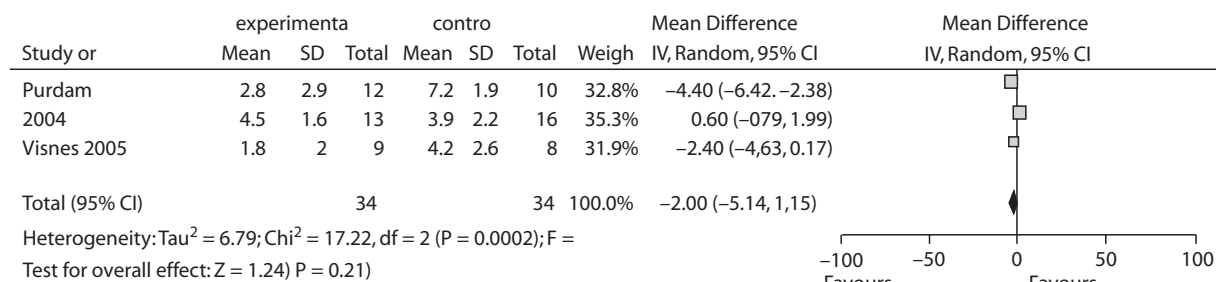


Fig. 5. Forest Plot, escala de dolor escala visual analógica (EVA) 12.ª semana.

Intervenciones y comparaciones

Las intervenciones terapéuticas estudiadas fueron un programa de ejercicio excéntrico estándar comparado con un programa de ejercicio excéntrico declinado en 25° ambos en una modalidad tipo sentadilla. En los cuatro artículos seleccionados^{7,40,46,48} se aplicó la misma intervención; la dosificación del ejercicio consistía en tres series de 15 repeticiones dos veces al día durante un período de rehabilitación de 12 semanas (basado en el protocolo de Curwin³⁷ o Alfredson⁴¹).

Mediciones de resultados

Las medidas de resultado más comúnmente utilizadas en los artículos seleccionados^{7,40,46,48} fueron: un cuestionario desarrollado específicamente para la TP realizado en el Instituto Victoriano de Deporte denominado VISA-P. Para la medición del dolor se utilizó la escala visual analógica (EVA) antes y después de finalizado el tratamiento (desde las 0 hasta las 12 semanas), todos los artículos seleccionados por nuestra búsqueda^{7,40,46,48} estudiaron los efectos con un seguimiento al tercer mes. El estudio de Visnes⁴⁸, al sexto mes; los estudios de Purdam⁴⁶ y Young⁴⁰, a los doce meses.

Resultados de intervenciones

El resumen de todos los aspectos metodológicos de los artículos seleccionados se detalla en la tabla 1. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

Programa de ejercicio excéntrico declinado versus ejercicio excéntrico estándar

Los cuatro estudios ($n=83$ pacientes)^{7,40,46,48} investigaron la efectividad de dos programas de ejercicio excéntrico, que se desarrollaban con una periodicidad de dos veces al día, en 3 series de 15 repeticiones en cada extremidad durante 12 semanas.

Protocolo de entrenamiento de Young et al.

Los participantes estaban obligados a completar sus ejercicios dos veces al día durante 12 semanas. Ambos grupos completaron tres series de 15 repeticiones durante cada sesión con el objetivo de ver la eficacia de los dos programas de rehabilitación excéntrica para la TP crónica. Todos los ejercicios se realizaron en una sola pierna (sintomática) a unos 60° de flexión de rodilla. Ambos grupos progresaron de carga mediante la adición de peso con una mochila de 5kg. El progreso del ejercicio se realizaba mediante el aumento de la carga solo en ausencia de dolor. El análisis de los resultados pre- y postratamiento muestran una mejoría en el dolor y la función en ambos grupos estadísticamente significativa ($p<0,05$). Sin embargo, en la comparación entre grupos, la funcionalidad medida con la escala de VISA a la 12.ª semana no mostró diferencias, y a los 12 meses el grupo de entrenamiento excéntrico declinado presenta una mejoría de un 94%, comparado con un 41% del ejercicio excéntrico estándar. Para el dolor medido con la EVA, a la 12.ª semana el grupo de entrenamiento excéntrico estándar muestra una reducción de un 84% comparado con un 32% del ejercicio excéntrico estándar, sin encontrar diferencias entre ambos grupos a los 12 meses.

Protocolo de entrenamiento de Visnes et al.

Ambos grupos recibieron un formulario de información para realizar su programa de ejercicios en su domicilio. El grupo de entrenamiento excéntrico declinado, además, recibió un tablero de aluminio de 25° de inclinación. Se realizó un seguimiento telefónico durante todo el período de entrenamiento. Cada programa se realizó dos veces al día con tres series de 15 repeticiones, con un intervalo de dos segundos entre cada repetición, realizado a 60° de flexión de rodilla el ejercicio excéntrico con la extremidad sintomática. En el caso de que la dolencia fuera bilateral, los participantes fueron instruidos para ayudarse con los brazos durante la fase concéntrica. En cuanto a la progresión de carga, esta se realizó con incremento de 5 kg en ausencia de dolor. El análisis de los resultados de la escala EVA muestra una disminución significativa en ambos grupos en la primera semana de tratamiento ($p=0,022$), sin dife-

Tabla 1
Características de artículos incluidos

Autor/año	Condición/método	Características de los pacientes	Intervención	Seguimiento/resultados
Purdam et al. (2004) ⁴⁶	MDA: se crearon los grupos posteriormente a la inclusión de los sujetos TP con diagnóstico de imagen lógico Grupo 1: programa de ejercicio excéntrico estándar Grupo 2: programa de ejercicio excéntrico declinado	N=17 Grupo 1: N=9; edad: 22 años; (SD: no reportado) Grupo 2: N=8; edad: 28 años; (SD: no reportado)	Intervención: 12 semanas Grupo 1: programa de ejercicio excéntrico estándar 3 series de 15 repeticiones Grupo 2: programa de ejercicio excéntrico declinado 3 series de 15 repeticiones lentamente hasta los 90°, 2 veces al día, con progresión de una mochila siempre que fuera libre de dolor	Seguimiento: 12 semanas Escala visual análoga (EVA) Retorno a la actividad
Young et al. (2005) ⁴⁰	MDA: no se reporta cómo se realizó la aleatorización TP con diagnóstico de imagen lógico, comparando 2 tratamientos excéntricos Grupo FST: Grupo sin FST	N=17 Grupo excéntrico estándar: N=8; edad=18-35; (SD: no reportado) Grupo excéntrico declinado: N=9; edad=18-35; (SD: no reportado)	Intervención; 12 semanas, 2 veces al día Grupo excéntrico estándar: programa de tto que incluye ejercicio excéntrico estándar en plano horizontal; 3 series de 15 repeticiones desde lento a más rápido en progresión agregaban 5 kg de carga en la espalda Grupo excéntrico declinado: ejercicio excéntrico en plano declinado (25°) desde más lento a más rápido, hasta una flexión de 60°, también en progresión aumentaba la carga en espalda con 5 kg	Seguimiento; 12 meses Dolor con escala visual análoga (EVA) Funcionalidad con escala de VISA-P
Frohm et al. (2007) ⁷	Grupo 1: programa de entrenamiento excéntrico estándar Grupo 2: programa de entrenamiento excéntrico declinado	Grupo 1: N=11; edad: 26 años; (SD: 8) Grupo 2: N=9; edad: 28 años; (SD: 8)	Intervención: 12 semanas Grupo 1: entrenamiento excéntrico estándar más carga (disco) adicional 4 series de 4 repeticiones Grupo 2: entrenamiento excéntrico declinado en plataforma de 25°, 3 series de 15 repeticiones, si tenían efecto positivo en EVA aumentaban carga de 5 kg Ambos grupos comenzaban con un calentamiento en bicicleta de 15 min a 100w	Seguimiento: 3 meses Intensidad de dolor (EVA) Funcionalidad (VISA-P) Test funcionales (CMJ) Extensión isocinética
Visnes et al. (2005) ⁴⁸	MDA: no menciona modo de aleatorización; TP con diagnóstico clínico Grupo de ejercicio excéntrico Grupo control	N = 29 Grupo ejercicio excéntrico N=13; edad: 26,8 años; (SD: 4,6); duración de síntomas: 67; (SD: 44) Grupo control: N=16; edad: 26,4 años; (SD: 3,4); duración de síntomas: 79; (SD: 75)	Intervención; 12 semanas Grupo ejercicio excéntrico: programa de ejercicio excéntrico declinado en 25°, 3 series de 15 repeticiones con un tiempo de 2 segundos en la fase excéntrica hasta los 90°, 2 veces al día. Incrementaba carga de 5 kg con un EVA de 5 Grupo control: protocolo de entrenamiento usual	Seguimiento 3 a 6 semanas Intensidad dolor (EVA) Funcionalidad (VISA-P) Performance de salto (CMJ)

EVA: escala visual análoga; MDA: método de aleatorización; SD: desviación estándar; TP: tendinopatía patelar

rencias entre los grupos finalizado el programa de tratamiento. En la comparación de la escala de VISA a la 12.^a semana, no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos ($p=0,39$), tampoco en el seguimiento a la 6.^a semana ($p=0,71$) ni a los 6 meses ($p=0,98$).

Protocolo de entrenamiento de Frohm et al.

El entrenamiento excéntrico declinado se efectuó en la pierna sintomática con tres series de 15 repeticiones. En cuanto a la progresión de la carga, esta se efectuó con un disco de 5kg en la parte anterior del tórax. En el análisis de los resultados, ambos grupos mostraron mejoría estadísticamente significativa en la escala VISA a la 12.^a semana ($p=0,001$), sin embargo, no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos finalizado el periodo de tratamiento. En el caso de la esca-

la EVA ambos grupos mostraron una disminución a la 12.^a semana: grupo de entrenamiento excéntrico declinado ($p=0,003$) y grupo de entrenamiento excéntrico estándar ($p=0,008$), sin diferencia estadísticamente significativa en la comparación entre ambos grupos.

Protocolo de entrenamiento de Purdam et al.

Ambos grupos de participantes se sometieron a un programa de ejercicios dos veces al día, que consta de tres series de 15 repeticiones sobre una sola pierna (sintomática), durante un periodo de 12 semanas. Los grupos fueron instruidos para realizar el ejercicio lentamente con una flexión de rodilla de 90°. En cuanto a la progresión de carga, esta se realizó con una mochila con peso y libre de dolor. El análisis de los resultados muestra que la escala EVA a la 12.^a semana reduce de 7,42 a 2,85cm

($p=0,004$) en el grupo de entrenamiento excéntrico declinado, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas en el grupo de entrenamiento excéntrico estándar durante el mismo periodo ($p=0,144$).

Discusión

Se intentó determinar si el ejercicio excéntrico declinado presenta mejores resultados clínicos que el ejercicio excéntrico estándar en el manejo terapéutico de deportistas con TP crónica. Para lograrlo se realizó una síntesis de la evidencia disponible para responder la interrogante planteada precedentemente. Según la evidencia actual: en la rehabilitación de deportistas esqueléticamente maduros ¿existe evidencia científica que avale que el ejercicio excéntrico declinado es más efectivo que el ejercicio excéntrico estándar en el manejo terapéutico de deportistas con TP? En un comienzo, debido a la amplia variedad y a la naturaleza de las intervenciones estudiadas, así como también al tipo y tamaño de las poblaciones, a las medidas de resultado ocupadas, al seguimiento de los pacientes, al informe y tratamiento estadístico de las variables se hacía bastante compleja la extracción de los datos. Por esto, se determinó acotar la investigación tanto por los criterios de inclusión como por los criterios de valoración de resultados. De ellos, solo fueron cuatro de los artículos seleccionados por nuestra búsqueda los que estaban en condiciones de poder agruparse en una comparación a partir de un estimador puntual. Sin embargo, el análisis estadístico de la heterogeneidad para las dos medidas de resultados admisibles de realizar no lo permitían. Por este motivo, se utilizó un método cualitativo con el uso de niveles de evidencia para la síntesis de los datos, situación que es muy difícil de evaluar para realizar el análisis final, ya que la interpretación de los resultados en los estudios pequeños, aunque parezcan metodológicamente correctos, carecen de un poder estadístico que proporcione pruebas concluyentes para establecer la efectividad clínica de una intervención sobre otra y que, además, permita extrapolar estos resultados a un contexto clínico.

De acuerdo a la evaluación del riesgo de sesgo de los artículos incluidos (riesgo de sobrestimar o subestimar los resultados) realizada por los autores de la presente revisión, tienen bajo riesgo de sesgo Frohm et al.⁷, moderado riesgo de sesgo Visnes et al.⁴⁸ y Young et al.⁴⁰, y alto riesgo de sesgo Purdam et al.⁴⁶. Cabe señalar que el estudio de Frohm et al.⁷ fue el único en donde se describía cómo se ocultó la aleatorización, los demás estudios incluidos no reportaban dicha información. En la mayoría de los estudios no hubo cegamiento, a excepción del estudio de Visnes et al.⁴⁸, que fue solo de los evaluadores de las medidas de resultados, ya que tener cegados a los terapeutas o al paciente en este tipo de intervenciones es metodológicamente imposible, debido a la naturaleza de las intervenciones estudiadas. Todos los estudios seleccionados contemplaron la exclusión de los pacientes o el manejo adecuado por análisis de intención de tratar. Ninguno de los estudios tiene inscrito el protocolo de investigación en algún sistema de registro existente en la actualidad. Según esto se hace muy difícil poder establecer si hubo un reporte selectivo de medidas de resultados.

Han pasado tres décadas desde la publicación de Curvin y Stanish quienes propusieron el ejercicio excéntrico como parte de un programa de tratamiento para el manejo clínico de la tendinosis, y diversas revisiones narrativas no sistemáticas han recomendado el ejercicio excéntrico como modalidad terapéutica para la TP^{22,29,50}. Sin embargo, la evidencia actual basada en RS de ensayos clínicos aleatorizados han establecido que el ejercicio excéntrico no es superior a otras modalidades de ejercicio terapéutico (ejercicio concéntrico o *stretching*) en el manejo de la

tendinosis de extremidades inferiores³⁵. Debido a la baja calidad de los ECA y a la inexistencia de diferencias estadística y clínicamente significativas, no se pueden establecer conclusiones categóricas sobre la efectividad del ejercicio excéntrico comparado con intervenciones control, en la disminución del dolor, mejora de la función o de la satisfacción de pacientes con tendinopatía crónica³⁶.

En la actualidad, el programa de tratamiento de ejercicio excéntrico más comúnmente utilizado es el propuesto por Alfredson^{8,28}, que consta de tres series de 15 repeticiones, dos veces al día durante 12 semanas, que mostró en pacientes con tendinosis aquileana importante disminución de la sintomatología, y ha sido utilizado en algunos estudios clínicos para el manejo de la TP en conjunto con la sentadilla o *drop squats* en un plano declinado. Está basado en fundamentos fisiológicos como el alineamiento de las fibras colágenas, y biomecánicos como el aislamiento del torque extensor de la rodilla. Se ha propuesto que implica mejores resultados clínicos como disminución del dolor (EVA) y mejora de la funcionalidad (VISA)^{40,46}. Sin embargo, estos resultados se deben interpretar con precaución puesto que los ECA de Frohm et al.⁷ y Visnes et al.⁴⁸ no los avalan. Los estudios incluidos en nuestra revisión coinciden en la aplicación de dicho programa al reportar similitud en la dosis, en la descripción de los ejercicios y en la progresión de estos.

Sin perjuicio de todo lo anteriormente expuesto, la falta de entendimiento cabal del mecanismo de la dolencia limita considerablemente la posibilidad de establecer las opciones terapéuticas con mayor efectividad para esta condición clínica. Por esto, todas las consideraciones mencionadas anteriormente deben ser evaluadas cuando se interpreten los resultados de los diferentes estudios y se intenten establecer conclusiones acerca de la efectividad clínica del protocolo del ejercicio excéntrico estudiado.

Conclusión

Independientemente de la aparente homogeneidad clínica que presentaban todos los artículos seleccionados por nuestra RS, la alta heterogeneidad estadística de las dos comparaciones admisibles de realizar no permitió el agrupamiento estadístico de los datos basados en un estimador puntual. Aun así, igual se consideró pertinente realizar un agrupamiento cualitativo o descriptivo de los resultados en las intervenciones clínicamente similares.

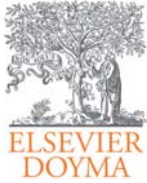
Según los resultados arrojados por los estudios primarios incluidos en nuestra RS, existe evidencia contradictoria de que un programa de ejercicio excéntrico declinado en 25° es más efectivo en la disminución del dolor y la mejora de la funcionalidad a corto, medio y largo plazo, que un programa de ejercicio excéntrico estándar en pacientes con TP crónica. Pese a lo extenso de la estrategia de búsqueda siempre es posible que no se haya identificado algún estudio; la obtención del material no publicado o "literatura gris" es una de las principales limitaciones de nuestra revisión, además de no haber podido contar con los datos estadísticos del estudio de Frohm et al.⁷, que podría haber contribuido a la realización del metaanálisis. Cabe consignar que las conclusiones de nuestro estudio se realizaron sobre la base de los artículos localizados por nuestra estrategia de búsqueda y seleccionados por nuestros criterios de elegibilidad; aun así, siempre se debe tomar en cuenta la probabilidad de que haya estudios que por problemas de indexación o límites de búsqueda hayan quedado fuera de esta revisión. Por último se agradece a los autores que de forma desinteresada proporcionaron información adicional para realizar esta presente RS.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Bibliografía

- Maffulli N, Kahn KM, Puddu G. Overuse tendon conditions. Time to change a confusing terminology. *Arthr*. 1998;14:840-3.
- Khan KM, Cook JL, Kannus P, Maffulli N, Bonar S. Time to abandon the "tendinitis" myth. *BMJ*. 2002;324:626-7.
- Khan KM, Cook JL, Taunton JE, Bonar F. Overuse tendinosis, not tendinitis part 1: a new paradigm for a difficult clinical problem. *Phys Sports Med*. 2000;28:38-48.
- Khan KM, Cook JL, Bonar F, Harcourt P, Astrom M. Histopathology of common overuse tendon conditions: update and implications for clinical management. *Sports Med*. 1999;27:393-408.
- Cook JL, Khan KM, Maffulli N, Purdam C. Overuse tendinosis, not tendinitis part 2: applying the new approach to patellar tendinopathy. *Phys Sports Med*. 2000;28:31-46.
- Maffulli N, Wong J, Almekinders LC. Types and epidemiology of tendinopathy. *Clin Sports Med*. 2003;22:675-92.
- Frohm A, Saartok T, Halvorsen K, Renstrom P. Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med*. 2007;41:6.
- Visnes H, Bahr R. The evolution of eccentric training as treatment for patellar tendinopathy (jumper's knee): a critical review of exercise. *Programmes*. *Br J Sports Med*. 2007;41:217-23.
- Cook JL, Khan KM, Harcourt PR, Grant M, Young DA, Bonar SF. A cross sectional study of 100 athletes with jumper's knee managed conservatively and surgically. *Br J Sports Med*. 1997;31:332-6.
- Ferretti A. Epidemiology of jumper's knee. *Sports Med*. 1986;3:289-95.
- Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. *Am J Sports Med*. 2005;33:561-7.
- Abate M, Silbernagel KS, Siljeholm C, Di Iorio A, De Amicis D, Salini V. Pathogenesis of tendinopathies: inflammation or degeneration. *Arth Res Ther*. 2009;11:235-49.
- Alfredson H, Forsgren S, Thorsen K, Lorentzon R. In vivo microdialysis and immunohistochemical analyses of tendon tissue demonstrated high amounts of free glutamate and glutamate NMDAR1 receptors, but no signs of inflammation, in jumper's knee. *J Orthop Res*. 2001;19:881-6.
- Alfredson H. The chronic painful Achilles and patellar tendon: research on basic biology and treatment. *Scand J Med Sci Sports*. 2005;15:252-9.
- Khan KM, Maffulli N, Coleman BD, Cook JL, Taunton JE. Patellar tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. *Br J Sports Med*. 1998;32:346-55.
- Hamilton B, Purdam C. Patellar tendinosis as an adaptive process: a new hypothesis. *Br J Sports Med*. 2004;38:758-61.
- Fredberg, Stengaard-Pedersen K. Chronic tendinopathy tissue pathology, pain mechanisms, and etiology with a special focus on inflammation. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18:3-15.
- Sharma P, Maffulli N. Biology of tendon injury: healing, modeling and remodeling. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2006;6:181-90.
- Arndt AN, Komi PV, Bruggeman GP, Lukkariniemi J. Individual muscle contributions to the in vivo Achilles tendon force. *Clin Biomech*. 1998;13:532-41.
- Birch HL, Wilson AM, Goodship AE. The effect of exercise-induced localised hyperthermia on tendon cell survival. *J Exp Biol*. 1997;200:1703-8.
- Wren TA, Lindsey DP, Beaupre GS, Carter DR. Effects of creep and cyclic loading on the mechanical properties and failure of human Achilles tendons. *Ann Biomed Eng*. 2003;31:710-7.
- Wang JH, Iosifidis MI, Fu FH. Biomechanical basis for tendinopathy. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;443:320-32.
- Whaley AL, Baker CL. Lateral epicondylitis. *Clin Sports Med*. 2004;23:677-91.
- Ashe MC, McCauley T, Khan KM. Tendinopathies in the upper extremity: a paradigm shift. *J Hand Ther*. 2004;17:329-34.
- Cook JL, Khan KM, Purdam CR. Masterclass. Conservative treatment of patellar tendinopathy. *Phys Ther Sport*. 2001;2:54-65.
- Kader D, Saxena A, Movin T, Maffulli N. Achilles tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. *Br J Sports Med*. 2002;36:239-49.
- Hunter G. Master class. The conservative management of Achilles tendinopathy. *Phys Ther Sport*. 2000;1:6-14.
- Alfredson H. Chronic midportion Achilles tendinopathy: an update on research and treatment. *Clin Sports Med*. 2003;22:727-41.
- Peers KH, Lysens RJ. Patellar tendinopathy in athletes: Current diagnostic and therapeutic recommendations. *Sports Med*. 2005;35:71-87.
- Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard S, Hansen P, Laursen AH, Kaldau NC, et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19:790-802.
- Coleman BD, Khan KM, Kiss ZS, Barlett J, Young DA, Wark JD. Open and arthroscopic patellar tenotomy for chronic patellar tendinopathy. A retrospective outcome study. *Am J Sports Med*. 2000;28:183-90.
- Bahr R, Fossan B, Loken S, Engebretsen L. Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (jumper's knee). A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88:1689-98.
- Fredberg U, Bolvig L. Jumper's knee. Review of the literature. *Scand J Med Sci Sports*. 1999;9:66-73.
- Cook JL, Khan KM, Purdam CR. Conservative treatment of patellar tendinopathy. *Phys Ther Sport*. 2001;2:54-65.
- Wasielewski J, Kotsko K. Does eccentric exercise reduce pain and improve strength in physically active adults with symptomatic lower extremity tendinosis? A systematic review. *J Athl Train*. 2007;42:409-21.
- Woodley B, Newsham-West R, David Baxter G. Chronic tendinopathy: effectiveness of eccentric exercise. *Br J Sports Med*. 2007;41:188-99.
- Curwin S, Stanish WD. Tendinitis: Its etiology and treatment. 1st ed. Lexington: Collamore; 1984.
- Fyfe I, Stanish WD. The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries. *Clin Sports Med*. 1992;11:601-24.
- Stanish WD, Rubinovich RM, Curwin S. Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;208:65-8.
- Young MA, Cook JL, Purdam CR, Kiss ZS, Alfredson H. Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players. *Br J Sports Med*. 2005;39:102-5.
- Alfredson H, Pietila T, Jonsson P, Lorentzon R. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am J Sports Med*. 1998;26:360-6.
- Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, Khan KM. A randomised clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes: pilot study. *Br J Sports Med*. 2001;35:60-4.
- Jensen K, Di Fabio RP. Evaluation of eccentric exercise in treatment of patellar tendinitis. *Phys Ther*. 1989;69:211-6.
- Maffulli N, Giuseppe L, Denaro V. Novel approaches for the management of tendinopathy. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:2604-13.
- Corps AN, Jones GC, Harrall RL, Curry VA, Hazleman BL, Riley GP. The regulation of aggrecanase ADAMTS-4 expression in human Achilles tendon and tendon-derived cells. *Matrix Biol*. 2008; 27:393-401.
- Purdam CR, Johnsson P, Alfredson H, Lorentzon R, Cook JL, Khan KM. A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2004;38:395-7.
- Higgins JP, Green S, editores. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.0.2 [actualizado Sept 2009]. The Cochrane Collaboration 2009. Disponible en: from www.cochrane-handbook.org.
- Visnes H, Hoskrud A, Cook J, Bahr R. No effect of eccentric training on jumper's knee in volleyball players during the competitive season a randomized clinical trial. *Clin J Sport Med*. 2005;15:227-34.
- Van Tulder M, Furlan A, Bombardier C, Bouter L. Editorial board of the Cochrane Collaboration back review group. Updated method guidelines for systematic reviews in the Cochrane Collaboration back review group. *Spine*. 2003;28:1290-9.
- Khan KM, Cook PT. Overuse tendon injuries: where does the pain come from? *Sports Med Arthrosc Rev*. 2000;8:17-31.



Normas de Publicación de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte

La Revista Andaluza de Medicina del Deporte es la publicación oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (órgano dependiente de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte, Junta de Andalucía). Su periodicidad es cuatrimestral.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Se considerarán para publicación aquellos trabajos originales, enviados exclusivamente a la Revista Andaluza de Medicina del Deporte y que estén relacionados con las Ciencias del Deporte. El trabajo habrá de acompañarse, por tanto, de una carta en la que se exponga que no ha sido enviado, ni se está enviando, a otro medio para su publicación.

La revista incluye, de forma regular, artículos sobre investigación clínica o básica (originales), revisiones y cartas al editor.

Todas las contribuciones originales serán evaluadas de forma anónima (doble ciego) por revisores expertos externos designados por el Editor, quien indicará por escrito a los evaluadores las instrucciones pertinentes con el fin de conseguir la mayor rigurosidad y calidad de los trabajos aceptados para su publicación en la RAMD. El proceso anónimo de revisión por pares finalizará mediante una comunicación motivada al autor de la decisión que tome el Comité Editorial de la RAMD. La resolución será comunicada a los autores en un plazo de tiempo no superior a seis meses.

Los trabajos admitidos para publicación quedarán en propiedad del Centro Andaluz de Medicina del Deporte y su reproducción total o parcial deberá ser convenientemente autorizada. Para tal efecto, antes de la publicación en la revista, el autor(es) deberá(n) firmar y enviar un formulario de transferencia de copyright.

ENVÍO DE LOS TRABAJOS (MANUSCRITOS)

Los manuscritos deben remitirse por vía electrónica a través del Elsevier Editorial System (EES) en la dirección <http://ees.elsevier.com/ramd>, donde se encuentra toda la información necesaria para realizar el envío. La utilización de este recurso permite seguir el estado del manuscrito durante el proceso de evaluación directamente a través de esta página Web.

El manuscrito se debe acompañar de una carta de presentación redactada en la sección Enter Comments del EES.

El texto del manuscrito (salvo la página del título), el resumen y las palabras clave, las referencias, las tablas y sus leyendas, y los pies de figuras se incluirán en un único fichero. La página del título y cada una de las figuras, si las hubiera, se enviarán en ficheros separados. Todos estos documentos se grabarán en la sección Attach Files del EES.

Consulte las instrucciones generales de uso del EES en su tutorial para autores:

<http://epsupport.elsevier.com/al/12/1/article.aspx?aid=1562&bt=4>

Idioma de la Publicación: la Revista Andaluza de Medicina del Deporte publica trabajos en español, inglés y portugués.

Ética: los autores firmantes de los artículos aceptan la responsabilidad definida por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas (ver www.icmje.org). Los trabajos que se envían a la Revista Andaluza de Medicina del Deporte para su evaluación deben haberse elaborado respetando las recomendaciones internacionales sobre investigación clínica y con animales de laboratorio (Declaración de Helsinki, revisada en 2004; ver www.wma.net). No se asumirá responsabilidad de ningún tipo por parte de los editores de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte sobre daños o perjuicios causados a personas o equipos derivados del uso, ideas, procedimientos u operación de cualquier tipo realizados en el trabajo a ser publicado.

Conflicto de intereses: cuando exista alguna relación entre los autores de un artículo y cualquier entidad pública o privada, de la que pudiera derivarse algún potencial conflicto de intereses, esta circunstancia debe ser comunicada al Editor.

PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Todos los manuscritos se adecuarán a las normas de publicación. Se entiende que el primer firmante de la publicación se responsabiliza de la normativa y que el resto de los autores conoce, participa y está de acuerdo con el contenido del manuscrito.

Es importante leer atentamente estas instrucciones, ya que los manuscritos que no las cumplan serán devueltos por la Coordinación Editorial antes de enviarlos a los revisores.

Formato (presentación del documento): Deberá ser un documento en formato electrónico, con el texto en Word y las figuras en formato jpg. Es necesario que esté numerado en el ángulo superior derecho y todos los márgenes han de tener una medida de 2,5 cm.

La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:

- Originales: máximo 4.500 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
- Revisiones: máximo 4.500 palabras, 6 figuras y 6 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el comité editorial de la revista.
- Artículos especiales: máximo 3.500 palabras, 3 figuras y 3 tablas.

* Si el idioma del manuscrito fuese portugués habrá de incluirse, igualmente, un resumen estructurado y palabras clave en los idiomas español e inglés.

- d) Estudio de casos: entre 1.500 y 2.000 palabras, 4 figuras y 4 tablas.
- e) Cartas al Editor: máximo de 1.000 palabras.

Los manuscritos deben seguir la siguiente estructura general:

1. Portada*
2. Resumen estructurado en español y palabras clave*
3. Resumen estructurado en inglés y palabras clave *
4. Texto
5. Bibliografía
6. Agradecimientos (opcional)
7. Tablas (opcional)
8. Figuras (opcional)

– Primera página (Portada):

Figurarán exclusivamente y por este orden los siguientes datos:

Título del trabajo (español e inglés), nombre y apellidos de los autores que deberán ir escritos en el siguiente orden:

Primer nombre, iniciales del segundo nombre si lo hubiese, seguido del apellido(s); centro de trabajo y dirección completa. Además, habrá que facilitar el e-mail del autor para la correspondencia.

– Segunda página:

Resumen del trabajo en español e inglés, que tendrá una extensión máxima de 250 palabras. El resumen ha de estructurarse en cuatro apartados: a) Objetivos; b) Método; c) Resultados, y d) Conclusiones.

Al final de cada resumen se especificarán de tres a diez palabras clave, en castellano e inglés, derivadas preferentemente del *Medical Subject Headings* (MeSH) de la *National Library of Medicine* (ver <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/meshbrowser.cgi>)

– Texto: variará según la sección a que se destine:

- a) Originales: constará de una Introducción, Método, Resultados y Discusión. En el caso de que los autores deseen realizar agradecimientos, éstos deberán figurar al final del texto.
- b) Revisiones: el texto se dividirá en todos aquellos apartados que el autor considere necesarios para una perfecta comprensión del tema tratado.
- c) Artículos especiales: son artículos que debido a su temática no pueden ser presentados como otro tipo de artículos; por lo tanto, el texto se dividirá en todos aquellos apartados que el autor considere necesario para la mejor comprensión del texto.
- d) Estudio de casos: el autor incluirá los apartados que considere necesarios para la total comprensión del tema tratado.
- e) Cartas al Editor: tendrán preferencia en esta sección la discusión de trabajos publicados en los dos últimos números con la aportación de opiniones y experiencias.
- f) Otras: secciones específicas por encargo del comité editorial de la revista.

– Bibliografía:

Las referencias han de numerarse de forma consecutiva según el orden de aparición en el texto. En el cuerpo del artículo constará siempre la numeración de la cita en número arábigo en superíndice, independientemente que vayan los nombres de los autores mencionados o no.

En los casos que se mencione el nombre de los autores, se seguirán las siguientes normas:

– De tratarse de un trabajo realizado por dos personas, mencionar a ambos.

Ejemplo: según Vaamonde y Oehninger¹ El ejercicio físico intenso puede causar ...

– De tratarse de más de dos autores, citar el primero seguido de la abreviatura “et al.”.

Ejemplo: según Vaamonde et al.¹ el ejercicio físico intenso puede causar ...

Las citas bibliográficas se expondrán siguiendo el modelo Vancouver (versión en castellano en www.metodo.uab.es)

Ejemplo:

Da Silva-Grigoletto ME, Gómez-Puerto JR, Viana-Montaner BH, Armas-Negrin JA, Ugrinowitsch C, García-Manso JM. Comportamiento de diferentes manifestaciones de la resistencia en el voleibol a lo largo de una temporada, en un equipo profesional. *Rev Andal Med Deporte*. 2008; 1(1):3-9.

Otros ejemplos de la bibliografía se pueden ver en http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

– Tablas:

Se enviarán en un nuevo archivo, deberán ir numeradas, el título se indicará en la parte superior, y las abreviaturas descritas en la parte inferior. Las notas aclaratorias irán al pie y deberán estar ordenadas en números arábigos de acuerdo con su orden de aparición en el texto.

– Figuras

Leyenda de las figuras

Las leyendas (pies) de las figuras (incluyendo las abreviaturas utilizadas) se incluirán en el documento principal en una hoja aparte a continuación de las tablas.

Figuras y otros materiales gráficos.

Tanto las gráficas como las fotografías son consideradas figuras.

Las figuras deben enviarse en formato JPG, con una calidad mínima de 300 dpi. Cada figura debe ir en una página. Las figuras serán en blanco y negro, aunque cuando esté justificado podrán aceptarse fotos en color. Además, se pide a los autores que envíen cada figura en un archivo aparte cuyo nombre será el número de la figura (por ejemplo: figura1.jpg).

El Comité Editorial de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte comunicará la recepción de los trabajos enviados e informará sobre el resultado de aceptación, en un plazo no superior a seis meses, y fecha posible de su publicación.

La Dirección de la Revista Andaluza de Medicina del Deporte no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.

Es conveniente que los autores acudan a un número reciente de la revista por si se produjese alguna modificación de las normas de publicación, y para que puedan acceder a un artículo publicado como ejemplo.

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 tratamiento⁴

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. Onzoia 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-1B and TNF- α Secretion from Resting and Activated Human Immunocytes by the Homeopathic Medication Traumeel S. Clin Dev Immunol. 2004; 11(2):143-149.



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
955 062 025

Fax
955 062 034

e-mail
ramd.ccd@juntadeandalucia.es