

Archivos

de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte



ORIGINALES

Energy and nutritional inadequacies in a group of recreational adult Spanish climbers

Presence of women in futsal. A systematic review

Retorno al deporte, integrando el proceso desde la rehabilitación convencional a la readaptación deportiva: revisión narrativa

Impact of airflow on body cooling in exercise: an exploratory study

Validity of a novel inertial measurement unit to track barbell velocity

Evaluación deportiva, muscular y hormonal en deportistas de CrossFit® que emplean la "Elevation Training Mask"

REVISIÓN

Efectos del entrenamiento de fuerza sobre las capacidades determinantes de la salud en hombres mayores de 65 años: una revisión sistemática

ARTÍCULO ESPECIAL

Guía de protección del médico del deporte ante el dopaje





UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia

Campus de los Jerónimos,
Nº 135 Guadalupe 30107

(Murcia) - España

Tlf: (+34)968 27 88 01 · info@ucam.edu



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA



Sociedad Española de Medicina del Deporte

Junta de Gobierno

Presidente:

Pedro Manonelles Marqueta

Vicepresidente:

Carlos de Teresa Galván

Secretario General:

Luis Franco Bonafonte

Tesorero:

Javier Pérez Ansón

Vocales:

Miguel E. Del Valle Soto

José Fernando Jiménez Díaz

Juan N. García-Nieto Portabella

Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea

Edita

Sociedad Española de Medicina del Deporte

C/ Cánovas nº 7, local

50004 Zaragoza (España)

Tel. +34 976 02 45 09

femede@femede.es

www.femede.es

Correspondencia:

C/ Cánovas nº 7, local

50004 Zaragoza (España)

archmeddeporte@semede.es

http://www.archivosdemedicinadeldeporte.com/

Publicidad

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

Publicación bimestral

Un volumen por año

Depósito Legal

Zaragoza. Z 988-2020

ISSN

0212-8799

Soporte válido

Ref. SVR 389

Indexada en: EMBASE/Excerpta Medica, Índice

Médico Español, Sport Information Resource

Centre (SIRC), Índice Bibliográfico Español de

Ciencias de la Salud (IBECS),

Índice SJR (SCImago Journal Rank), y SCOPUS

La dirección de la revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, la cual recaerá exclusivamente sobre sus autores.

Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente por ningún medio sin la autorización por escrito de los autores.

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.

Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

Afiliada a la Federación Internacional de Medicina del Deporte, Sociedad Europea de Medicina del Deporte y Grupo Latino y Mediterráneo de Medicina del Deporte

Director

Pedro Manonelles Marqueta

Editor

Miguel E. Del Valle Soto

Administración

Melissa Artajona Pérez

Adjunto a dirección

Oriol Abellán Aynés

Comité Editorial

Norbert Bachl. Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Araceli Boraita.** Servicio de Cardiología. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de deportes. España. **Mats Borjesson.** University of Gothenburg. Suecia. **Josep Brugada Terradellas.** Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. España. **Nicolas Christodoulou.** President of the UEMS MJC on Sports Medicine. Chipre. **Demitri Constantinou.** University of the Witwatersrand. Johannesburgo. Sudáfrica. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franchek Drobnic Martínez.** Servicios Médicos FC Barcelona. CAR Sant Cugat del Vallés. España. **Tomás Fernández Jaén.** Servicio Medicina y Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Walter Frontera.** Universidad de Vanderbilt. Past President FIMS. Estados Unidos. **Pedro Guillén García.** Servicio Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Dusan Hamar.** Research Institute of Sports. Eslovaquia. **José A. Hernández Hermoso.** Servicio COT. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. España. **Pilar Hernández Sánchez.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Markku Jarvinen.** Institute of Medical Technology and Medical School. University of Tampere. Finlandia. **Anna Jegier.** Medical University of Lodz. Polonia. **Peter Jenoure.** ARS Ortopédica, ARS Medica Clinic, Gravesano. Suiza. **José A. López Calbet.** Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. **Javier López Román.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Lucía Mulas.** Universidad Europea de Madrid. España. **Emilio Luengo Fernández.** Servicio de Cardiología. Hospital General de la Defensa. España. **Nicola Maffully.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **Alejandro Martínez Rodríguez.** Universidad de Alicante. España. **Estrella Núñez Delicado.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Sakari Orava.** Hospital Universitario. Universidad de Turku. Finlandia. **Eduardo Ortega Rincón.** Universidad de Extremadura. España. **Nieves Palacios Gil-Antuñano.** Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes. España. **Antonio Pelliccia.** Institute of Sport Medicine and Science. Italia. **José Peña Amaro.** Facultad de Medicina y Enfermería. Universidad de Córdoba. España. **Fabio Pigozzi.** University of Rome Foro Italico, President FIMS. Italia. **Yannis Pitsiladis.** Centre of Sports Medicine. University of Brighton. Inglaterra. **Per Renström.** Stockholm Center for Sports Trauma Research, Karolinska Institutet. Suecia. **Juan Ribas Serna.** Universidad de Sevilla. España. **Peter H. Schober.** Medical University Graz. Austria. **Jordi Segura Noguera.** Laboratorio Antidopaje IMIM. Presidente Asociación Mundial de Científicos Antidopajes (WAADS). España. **Giulio Sergio Roi.** Education & Research Department Isokinetic Medical Group. Italia. **Luis Serratos Fernández.** Servicios Médicos Sanitas Real Madrid CF. Madrid. España. **Nicolás Terrados Cepeda.** Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. España. **José Luis Terrores Blanco.** Director de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEP SAD). España. **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza.



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA



AEP SAD
AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN
DE LA SALUD EN EL DEPORTE

NUEVO



ANALIZADOR PORTATIL de LACTATO **LACTATE PLUS**

NOVEDADES PRINCIPALES:

- ✓ Pantalla a color
- ✓ Nuevo diseño ergonómico anti-deslizante
- ✓ Integra un botón para extraer la tira reactiva
- ✓ Utiliza dos pilas AAA



CÓMODO

El analizador Lactate Plus no necesita calibración



PRECISO

Numerosos estudios demuestran la exactitud del Lactate Plus



RÁPIDO

Tiempo de medición de 13 segundos



ECONÓMICO

Coste por Análisis significativamente más bajo que en otras marcas



619 284 022



Laktate
www.laktate.com

Archivos

de medicina del deporte

Volumen 38(4) - Núm 204. Julio - Agosto 2021 / July - August 2021

Sumario / Summary

Editorial

Obesidad, la "otra" pandemia
Obesity, the "other" pandemic

Alfonso Salguero del Valle 234

Originales / Original articles

Energy and nutritional inadequacies in a group of recreational adult Spanish climbers

Deficiencias energéticas y nutricionales en un grupo de escaladores recreacionales españoles adultos

Natalia Úbeda, Carlota Lorenzo-Carvacho, Ángela García-González237

Presence of women in futsal. A systematic review

Presencia de la mujer en el fútbol sala. Una revisión sistemática

Alberto Sanmiguel-Rodríguez245

Retorno al deporte, integrando el proceso desde la rehabilitación convencional a la readaptación deportiva: revisión narrativa

Return to sport, integrating the process from conventional rehabilitation to sports readaptation: narrative review

Pavel Loeza-Magaña, Héctor R. Quezada-González, Pedro I. Arias-Vázquez..... 253

Impact of airflow on body cooling in exercise: an exploratory study

Impacto del flujo de aire en el enfriamiento del cuerpo en el ejercicio: un estudio exploratorio

Pedro H. Nogueira, Alisson G. da Silva, Samuel A. Oliveira, Manuel Sillero-Quintana, João C. Marins.....261

Validity of a novel inertial measurement unit to track barbell velocity

Validación de un nuevo sensor inercial para medir la velocidad de ejecución

Daniel Varela-Olalla, Dario Álvarez-Salvador, Alejandro Arias-Tomé, Ignacio Collado-Lázaro, Aitor Gamarra-Calavia, Carlos Balsalobre-Fernández 269

Evaluación deportiva, muscular y hormonal en deportistas de CrossFit® que emplean la "Elevation Training Mask"

Athletic, muscular and hormonal evaluation in CrossFit® athletes using the "Elevation Training Mask"

Diego Fernández-Lázaro, Juan Mielgo-Ayuso, Darío Fernández-Zoppino, Silvia Novo, María Paz Lázaro-Asensio, Nerea Sánchez-Serano, César I. Fernández-Lázaro 274

Revisiones / Reviews

Efectos del entrenamiento de fuerza sobre las capacidades determinantes de la salud en hombres mayores de 65 años: una revisión sistemática

Effects of strength training on health determinants in men over 65 years: a systematic review

Juan Valiente-Poveda, Daniel Castillo, Javier Raya-González 283

Artículo especial / Special article

Guía de protección del médico del deporte ante el dopaje

Medical protection guide against doping

Pedro Manonelles, José Luis Terreros Blanco (Coordinadores), et al..... 289

IX Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte..... 298

Agenda / Agenda..... 300

Normas de publicación / Guidelines for authors301

Obesidad, la “otra” pandemia

Obesity, the “other” pandemic

Alfonso Salguero del Valle

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte e Instituto de Biomedicina de la Universidad de León (IBIOMED).

doi: 10.18176/archmeddeporte.00046

La obesidad es considerada como una enfermedad metabólica, crónica y de etiología multifactorial, caracterizada por un exceso de acúmulo de grasa corporal o tejido adiposo.

Según estudios recientes, la prevalencia del sobrepeso y la obesidad en los países desarrollados, se sitúa en torno al 50% y se ha triplicado en los últimos 35 años. El informe sobre la *Prevalencia de sobrepeso y obesidad en España* realizado por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) y el Ministerio de Sanidad arroja cifras en torno al 54% (sobrepeso + obesidad), con una mayor prevalencia en el caso de los hombres, lo cual pone de manifiesto lo preocupante de esta situación, y por lo que consideramos que no es exagerado hablar de la obesidad como la “otra” pandemia del S.XXI.

Tradicionalmente se han utilizado cinco tipos de medidas para el tratamiento de la obesidad: farmacológico, quirúrgico, psicológico, dietético y ejercicio físico. Estas medidas se pueden utilizar de forma independiente o combinada, estrategia ésta, que se ha comprobado resulta la más efectiva, hasta tal punto, por ejemplo, que hoy en día no se entiende llevar a cabo una dieta para perder peso que no vaya de la mano de un programa de ejercicio físico. La dieta sin ejercicio, tiende a promover la pérdida de tejido muscular metabólicamente activo, y por lo tanto conlleva una disminución de la tasa metabólica basal, la cual puede llegar a suponer en torno al 60% del gasto energético diario total, y el ejercicio, por sí solo, tampoco tendrá el efecto deseado, dado que, sin el control de la dieta, será muy complicado conseguir un correcto balance ingesta vs gasto calórico.

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala como estrategias para abordar el tratamiento de la obesidad, la limitación en la ingesta de grasa y azúcares, el aumento del consumo de frutas, verduras y legumbres, cereales integrales y frutos secos, y la realización de actividad física de forma periódica, con consideraciones específicas para diferentes grupos de edad y atendiendo a diversas circunstancias especiales.

El objetivo principal de un programa de ejercicio físico con personas con sobrepeso y obesidad debe ser obtener una reducción del porcentaje de grasa corporal, pero buscando a su vez un incremento de la masa magra. Debemos entender, por lo tanto, que esto podría no ser necesariamente sinónimo de una pérdida total de peso, algo que puede no resultar fácil de asumir por la persona implicada en el programa. Como en otras enfermedades, el programa de ejercicio también deberá perseguir, de manera prioritaria, la mejorar la capacidad aeróbica de sus participantes, ya que esto favorecerá la reducción de otros potenciales factores de riesgo asociados con frecuencia al exceso de peso (diabetes o resistencia a la insulina, hipertensión, dislipemias, etc.).

Son de sobra conocidos los efectos beneficiosos que la práctica de actividad y ejercicio físico pueden tener sobre nuestro organismo, tanto a nivel físico, como psicológico y social. También queremos resaltar que, a la hora de llevar a cabo un programa de ejercicio físico dentro del ámbito de la salud, debemos respetar los diferentes principios generales del entrenamiento, como, por ejemplo, el de la individualización. Resulta evidente que no todas las personas van a responder igual ante el mismo estímulo, por lo tanto, uno de los errores básicos que a menudo se ha cometido al analizar las vías a elegir para el tratamiento de la obesidad, es partir del principio de igualdad, esto es, aceptar que el obeso y el no obeso tienen necesariamente la misma capacidad de respuesta al estímulo de entrenamiento. Además, debemos de ser conscientes de las limitaciones frecuentes asociadas a estos pacientes, que pueden afectar a nivel cardiocirculatorio, respiratorio, locomotor, capacidad de termorregulación, y otras circunstancias de índole psicosocial que pueden verse alteradas, como los niveles de autoestima y depresión, y que pueden condicionar la práctica.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, nos preguntamos *¿qué tipo de ejercicio físico es el más recomendable para llevar a cabo con personas con sobrepeso y obesidad?*

Correspondencia: Alfonso Salguero del Valle
E-mail: alfonso.salguero@unileon.es

Durante muchos años se pensó que el ejercicio aeróbico de baja-moderada intensidad y larga duración era la mejor y única vía para conseguir reducir el porcentaje de grasa en personas con sobrepeso y obesidad, pero hoy sabemos que, en estas personas, el tejido adiposo y el muscular presentan trastornos que le impiden o dificultan el empleo de las grasas como vía energética a través de este tipo de ejercicio. Esto se puede deber a las modificaciones que presenta su sistema neuroendocrino, concretamente en aquellas hormonas vinculadas a la hipertrofia muscular y al uso de grasas (insulina, leptina, GH, testosterona, cortisol, catecolaminas, etc.). Por otro lado, también debemos conocer que estas personas tienen muy limitada la capacidad para utilizar ácidos grasos, debido al metabolismo asociado a sus lipoproteínas. La pérdida de peso con este tipo de ejercicio suele ser el resultado de una reducción de masa muscular (sarcopenia), lo cual no es ni mucho menos lo más deseable.

En las últimas décadas han proliferado los estudios que ponen de manifiesto las virtudes del trabajo de fuerza en personas con sobrepeso y obesidad, necesariamente, como ya hemos mencionado, combinado con una dieta adecuada. Se ha observado que este tipo de trabajo, cuando se realiza con cargas adecuadas, genera un estímulo que propicia un entorno hormonal mucho más favorable para la quema de grasas, de forma contraria a lo que ocurría en el caso anterior (entrenamiento aeróbico de baja intensidad y larga duración). Por otro lado, la hipertrofia generada por el trabajo de fuerza favorecerá el incremento del gasto energético debido tanto al esfuerzo requerido durante las sesiones de entrenamiento (al tener más masa muscular, necesitarás de más energía para mover el cuerpo), como al incremento del metabolismo basal.

Investigaciones llevadas a cabo recientemente, y con el objetivo de dar respuesta a la misma pregunta aquí planteada, revelan que aquellas intervenciones que combinan entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), y entrenamiento de fuerza, serán aquellas que van a generar efectos más beneficiosos en las personas con sobrepeso y obesidad, basando sus conclusiones en las disminuciones encontradas en grasa subcutánea y adiposidad abdominal (disminución de perímetro cintura), incremento de la masa corporal magra (modificación de la composición corporal), mejora de la síntesis de proteínas estructurales, aumento del consumo de triglicéridos intramoleculares, incremento

de la sensibilidad a la insulina, tanto a nivel agudo como crónico, y del metabolismo basal post-ejercicio, así como una mejora de la capacidad cardiorrespiratoria, lo que permitirá atenuar los efectos negativos de la obesidad en la salud de estas personas.

En base a lo expuesto, abogamos aquí por la colaboración entre médicos y educadores físico deportivos, para que los primeros tengan en cuenta estas evidencias a la hora de realizar una prescripción de ejercicio físico, previo diagnóstico y valoración de los pacientes. Sólo de esta manera, el educador físico y deportivo podrá llevar a cabo el diseño de los programas de ejercicio supervisados eficaces para conseguir los objetivos planteados. Así mismo, el tratamiento de esta enfermedad se verá altamente beneficiado si llevamos a cabo un enfoque multidisciplinar de la misma, con la colaboración con otros profesionales del ámbito de la salud, como nutricionistas, psicólogos, y/o fisioterapeutas (equipos de trabajo multidisciplinares).

A modo de conclusión, señalar que la pérdida de grasa es un proceso complejo que requiere de modificaciones a nivel metabólico y de composición corporal, por lo que la dieta, ejercicio y la modificación del comportamiento siguen siendo los pilares del tratamiento de la que hemos denominado, como la otra pandemia del S.XXI.

Bibliografía recomendada

- Basterra-Gortari FJ, Bes-Rastrollo M, Ruiz-Canela M, Gea A, Martínez-González MÁ. Prevalence of obesity and diabetes in Spanish adults 1987-2012. *Med Clin*. 2017;148:250-6.
- Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes (Lond)*. 2011;11:1-10.
- Bruun JM, Helge JW, Richelsen B, Stallknecht B. Diet and exercise reduce low-grade inflammation and macrophage infiltration in adipose tissue but not in skeletal muscle in severely obese subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2006;290:E961-7.
- Molina C, Cifuentes G, Martínez C, Mancilla R, Díaz E. Disminución de la grasa corporal mediante ejercicio físico intermitente de alta intensidad y consejería nutricional en sujetos con sobrepeso u obesidad. *Revista Médica de Chile*. 2016;144:1254-9.
- O'Donoghue G, Blake C, Cunningham C, Lennon O, Perrotta C. What exercise prescription is optimal to improve body composition and cardiorespiratory fitness in adults living with obesity? A network meta-analysis. *Obes Rev*. 2021;22:e13137.
- Roig J. Obesidad y pérdida de tejido adiposo "desterrando lo aeróbico". *Revista Electrónica de Ciencias Aplicada al Deporte*. 2013;21:1-4.
- Rubin DA, Pham HN, Adams ES, Tutor AR, Aackney AC, Coburn JW, Judelson DA. Endocrine response to acute resistance exercise in obese versus lean physically active men. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115:1359-66.

Analizador Instantáneo de Lactato Lactate Pro 2

ARKRAY
LT-1730

- Sólo 0,3 µl de sangre
- Determinación en 15 segundos
- Más pequeño que su antecesor
- Calibración automática
- Memoria para 330 determinaciones
- Conexión a PC
- Rango de lectura: 0,5-25,0 mmol/litro
- Conservación de tiras reactivas a temperatura ambiente y
- Caducidad superior a un año



Importador para España:



c/ Lto. Gabriel Miro, 54, ptas. 7 y 9
46008 Valencia Tel: 963857395
Móvil: 608848455 Fax: 963840104
info@bermellelectromedicina.com
www.bermellelectromedicina.com

 Bermell Electromedicina

 @BermellElectromedicina

 Bermell Electromedicina



Monografías Femade nº 12
Depósito Legal: B. 27334-2013
ISBN: 978-84-941761-1-1
Barcelona, 2013
560 páginas.



Dep. Legal: B.24072-2013
ISBN: 978-84-941074-7-4
Barcelona, 2013
75 páginas. Color

Índice

Foreward
Presentación
1. Introducción
2. Valoración muscular
3. Valoración del metabolismo anaeróbico
4. Valoración del metabolismo aeróbico
5. Valoración cardiovascular
6. Valoración respiratoria
7. Supuestos prácticos
Índice de autores

Índice

Introducción
1. Actividad mioeléctrica
2. Componentes del electrocardiograma
3. Crecimientos y sobrecargas
4. Modificaciones de la secuencia de activación
5. La isquemia y otros indicadores de la repolarización
6. Las arritmias
7. Los registros ECG de los deportistas
8. Términos y abreviaturas
9. Notas personales



Información: www.femade.es

Energy and nutritional inadequacies in a group of recreational adult Spanish climbers

Natalia Úbeda, Carlota Lorenzo-Carvacho, Ángela García-González

Department of Pharmaceutical Sciences and Health, Universidad San Pablo-CEU, CEU Universities, Madrid, Spain.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00047

Recibido: 20/06/2020
Aceptado: 18/03/2021

Summary

Introduction: Although nutrition is determinant in the performance of athletes, few publications on this topic are available for climbers.

Objectives: To measure body composition and dietary intake in a group of recreational Spanish climbers.

Material and method: For body composition data we performed the measurements included in the ISAK anthropometric restricted-profile. Daily dietary intake was self-recorded on 3 days of the week: a non-climbing day, a climbing-gym training day and a rock-climbing day. Results were compared to Spanish nutritional recommendations.

Results: 61 climbers (44 men, 17 women), aged 34 ± 8 years, volunteered. Body fat % was $8.1 \pm 1.5\%$ in men and $15.7 \pm 3.0\%$ in women. A negative correlation was found between body fat % and climbing ability ($P < 0.0005$). Intake of energy and carbohydrates was 40% below estimated targets and that of proteins was 20-25% below. Moreover, macronutrient contribution to energy was unbalanced (protein: fat: CHO: alcohol was 17: 38: 42: 3%). We observed an elevated intake of SFA and sugars and low consumption of MUFA and fiber. Micronutrient intakes were acceptable except for iodine, zinc and vitamin D in both genders and iron and folate in women. Mean Adequacy Ratio of diet was higher in advanced/elite climbers compared with those in the intermediate level showing a possible relationship between climbing ability and diet quality.

Conclusions: This study evidences there is a need of nutritional recommendations targeted to climbers. Our findings can contribute to the design of evidence-based food guides to help climbers optimise health and performance outcomes.

Key words:

Rock climbing. Nutritional assessment. Body composition. Dietary inadequacies.

Deficiencias energéticas y nutricionales en un grupo de escaladores recreacionales españoles adultos

Resumen

Introducción: Existen pocos estudios sobre la relación entre dieta y rendimiento en escaladores.

Objetivos: Averiguar la composición corporal y la dieta en un grupo de escaladores recreativos.

Material y método: Se midió el perfil antropométrico restringido ISAK. La ingesta fue autoregistrada en un día sin escalada, un día de entrenamiento en el rocódromo y un día de escalada en roca. Los resultados se compararon con las recomendaciones nutricionales españolas.

Resultados: Participaron 44 hombres y 17 mujeres, de 34 ± 8 años. El % de grasa corporal fue $8,1 \pm 1,5\%$ en hombres y $15,7 \pm 3,0\%$ en mujeres. Se encontró una correlación negativa entre grasa corporal y el grado de escalada ($P < 0,0005$). La ingesta de energía y carbohidratos fue un 40% inferior a la estimada para cubrir los requerimientos y la de proteínas un 20-25% inferior. El perfil calórico de la dieta estaba desequilibrado (proteína: grasa: CHO: alcohol = 17:38:42:3%). El consumo de AGS y azúcares fue elevado y bajo el de AGM y fibra. Se observaron carencias en yodo, zinc y vitamina D en ambos sexos y en hierro y folatos en las mujeres. La calidad de la dieta fue mayor en los escaladores avanzados/élite comparada con la de los de nivel intermedio, lo que indica una posible relación entre esta y el grado alcanzado en escalada.

Conclusiones: Se evidencia la necesidad de recomendaciones nutricionales dirigidas a los escaladores. Nuestros hallazgos pueden contribuir al diseño de guías alimentarias basadas en la evidencia, que optimicen la salud y el rendimiento de estos deportistas.

Palabras clave:

Escalada. Evaluación nutricional. Composición corporal. Deficiencias dietéticas.

Correspondencia: Natalia Úbeda Martín

E-mail: nubeda@ceu.es

Introduction

Sport climbing is becoming increasingly popular. Climbing can be performed for recreational purposes or as competition, on both natural rocks and indoors¹. In Tokyo 2021, sport climbing will debut in the Olympic Games in three categories: leading, bouldering and speed climbing.

Several studies have focused on the anthropometric and physiological characteristics of climbers. These have observed a high heart rate and VO_{2peak} together with an increased lactate concentration, possibly resulting from repeated isometric contractions, indicating a contribution of both aerobic and anaerobic energy systems during climbing^{2,3}. Previous studies also found anthropometric features in elite climbers characterized by a small stature, with high muscular endurance, high flexibility, low body mass and body fat content and high handgrip strength related to body mass⁴⁻⁷. These characteristics could play a major role in determining sport success⁸.

However, other studies, like that of Mermier *et al* (2000)⁵, found that training variables explained 58.9% of the total variance in climbing, whereas anthropometric and flexibility components explained only 0.3% and 1.8%. Most of the variability in climbing performance can, therefore, be explained by trainable variables and climbers do not necessarily need to have specific anthropometric characteristics to be successful at sport rock climbing. Several authors have also shown that high performance in climbing is mainly based on strength and endurance^{3,4,9,10}.

It is evident that the determination of components related to climbing performance needs further investigation. In particular, there is a lack of scientific research focusing on the role of nutrition in sport climbing performance. Nutrition is a key determinant of sport performance. In addition to anecdotal references to eating disorders and unrealistic weight reduction practices in climbers, the limited published data in this area report a 20-40% energy deficit compared to target-based recommendations¹¹⁻¹³.

Specific nutritional recommendations for climbers do not currently exist. Nutrition strategies should focus on providing adequate substrate stores to meet the fuel demands and nutrient requirements of the sport, while supporting an adequate body composition and reducing or delaying factors that would otherwise cause fatigue¹⁴.

The aim of this study was to study the dietary adequacy of a group of Spanish rock climbers on three different days: non-climbing, climbing-gym training and rock-climbing training days, as well as their body composition, in order to identify possible inadequacies in the diet that could be affecting their athletic performance.

Material and method

The study was designed as an observational, descriptive, cross-sectional study.

Participants

An invitation to participate in the study was sent by email to the members of all the mountain-sport clubs and climbing-gyms listed on the web page of the Mountaineering Federation in the Community of Madrid (Spain). The email explained the aim of the study, the inclusion

and exclusion criteria and gave a detailed explanation of what was expected from the participating volunteers. This invitation was also disseminated through social media channels. Climbers interested in participating were asked to contact the research team for a personal interview to clarify their participation in the project and to book a second visit to take measurements and complete the questionnaires.

Inclusion criteria were: Healthy men and women over 18 years old, to not be following a special diet, to have been practicing climbing for at least one year and to have practice outdoor rock-climbing regularly (at least once a week) during the study period. Exclusion criteria included: Individuals with a chronic illness or who experienced any type of injury immediately before and/or during the study period, and for women, being pregnant or breastfeeding.

A total of 105 volunteers replied to the invitation and the final sample population was composed of 61 individuals. Written informed consent was obtained from each participant according to the study design approved by the Committee for Ethical Research of the Universidad CEU-San Pablo, CEU Universities, Subcommittee on Clinical and Human Trials (code: 246/18/09). Participants received individual feedback to improve their food intake and body composition.

Anthropometry

Two ISAK (International Society for the Advance of the Kineanthropometry) Level III-certified anthropometrists performed the measurements included in the anthropometric restricted-profile¹⁵.

Body mass was measured using a portable scale (SECA 710, precision 0.1 kg) while height was evaluated to the nearest 1 mm with a portable stadiometer (SECA 213). Body mass index (BMI) was then calculated from these measurements as weight (kg)/height (m)².

Skinfold measurements were taken using a Harpenden® skinfold caliper (measuring range: 0 mm to 80 mm, measuring pressure: 10 g/mm², precision 0.2 mm). Skinfolds were then used to estimate fat percent using the equation designed by Carter, according to the gender of the volunteer¹⁶. Arm span and girths were evaluated using an anthropometric metallic tape, precision 1 mm (CESCORF, Brazil). Bone breadths were measured with a small bone caliper (Holtain, UK) to the nearest 1 mm.

All measurements were taken following the international standards for anthropometric assessment¹⁵, on the right side of the volunteers a minimum of two times. A third measurement was taken when both measurements differed by more than 5%.

The anthropometric measurements were used to calculate the somatotype components of the subjects according to the Heath-Carter method¹⁷.

Dietary Intake

Daily dietary intake was self-recorded on 3 days of the week: a) during one day without climbing b) during a day in which the volunteer trained at the climbing-gym and c) during a day in which the volunteer went rock climbing. Food amounts were recorded as common household measures. To ensure the accuracy of data, volunteers received specific oral guidelines and detailed written instructions on what to do, and were clearly requested not to alter their usual dietary behavior during

this period. A telephone number was available for participants to clarify any doubts that could arise. Food records were carefully reviewed immediately after completion. During analysis of the questionnaires, when necessary subjects were contacted to clarify ambiguous information about portion sizes, types of foods, brand names, or cooking methods.

Reports were analyzed using nutrient analysis software (DIAL®, Alce Ingeniería 2012).

To assess dietary adequacy, intakes were compared with the following recommendations:

- For energy intake, a personalized target was assigned to each participant, according to their energy needs for each of the three days studied. To determine individual energy needs, energy expenditure was calculated as follows: On the same day reported in the food diary, each volunteer filled in an activity diary in which he/she gave a detailed account of the time devoted to performing different work, leisure, daily life and sports activities during that day. The time dedicated to each activity was multiplied by the corresponding MET¹⁸ and the daily average MET/24h was then estimated. Finally, total energy expenditure was estimated by multiplying the average MET/24h by the basal metabolic rate of the subject, which had been calculated using WHO equations¹⁹.
- For protein intake, two targets were established. The first one 1.7 g x kg body weight, following recommendations for strength type sports included in the position paper of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine¹⁴. The second target for protein intake was established as 15% percent of total energy intake, according to the Acceptable Macronutrient Distribution Ranges (AMDR) specified in the Spanish Nutritional Objectives by the Spanish Society for Public Health Nutrition²⁰.
- The same procedure was followed to establish targets for carbohydrate (CHO) intake. The first target was 6 g/kg body weight, a recommended target for endurance training programs (1–3 h/d)¹⁴. The second target was 50–55% of total energy intake, AMDR in the Spanish Nutritional Objectives for a healthy population. For sugars, an intake less than 10% of total energy intake was recommended²⁰.
- Fat target recommendations were those from the Spanish Nutritional Objectives²⁰. Total fat intake 30–35%; Saturated fatty acids (SFA) 7–8% of total energy intake; Monounsaturated fatty acids (MUFA) 20% of total energy intake; Polyunsaturated fatty acids (PUFA) 5% of total energy intake; Trans fatty acids less than 2g/day.
- Recommendations for general population were followed to study the adequacy of fiber intake: 25g/day was the target for women and 35g/day for men²⁰.
- Recommended Nutrient Intake for the Spanish population²¹ was used as targets for vitamin and mineral intakes.

Compliance with the above recommendations was calculated as (nutrient intake x 100)/recommended intake. Overall diet quality was measured by calculating Mean Adequacy Ratio (MAR)²². This index quantifies the overall nutritional adequacy of a population, based on an individual's diet using the recommended allowance for a group of nutrients of interest. For this population group, nutrients considered of interest by the researches were those related to energy intake and to muscular and skeletal health: energy, proteins, carbohydrates, thiamin,

riboflavin, niacin, vitamin B6, folates, vitamin B12, calcium, iron and magnesium.

First, the NAR, Nutrient Adequacy Ratio was calculated for each of the mentioned nutrients, as the percentage of an individual's nutrient intake relative to the recommended allowance of the nutrient for his or her age and sex. NAR values over 100% were set to a maximum of 100%. Then the MAR was obtained by estimating the mean of all the NAR values:

$$\text{MAR} = \sum \text{NAR} / \text{number of nutrients}$$

The MAR was reported on a scale from 0 to 100%, where 100% indicates the requirements for all the nutrients were met.

General questionnaire

A specific questionnaire was designed to record socioeconomic data (age, sex, profession, and interest in other sports) medical history (diseases, pharmacological treatments, injuries background) and climbing background and habits (years of practice, days of training/week (minimum one hour of training per day), main sporting achievements, onsight and redpoint grade).

According to their redpoint grade, climbers were classified following the IRCRA (International Rock Climbing Research Association) scale and then categorized into 5 groups: low grade, intermediate grade, advanced grade, elite and high elite grade²³.

Statistics

Results for categories are reported using frequencies and percentages, while continuous variables are reported using mean \pm standard deviation.

Differences in nutrient adequacy between men and women were analysed by the student *T* test; while differences among the three studied days were analysed by a Friedman test for repeated measures, followed by a *T* test for paired variables when statistical differences were found.

Relationships between the quality of the diet and climbing performance were studied after grouping the volunteers according to the number of training days (2 days/week; 3 days/week; 4 days/week). In each group, a Spearman's correlation was performed between MAR and IRCRA level and differences in MAR in the different IRCRA categories were analysed by a Kruskal Wallis test.

For all statistical analyses, differences were considered significant at $P < 0.05$. Statistical analyses were performed using SPSS v.24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Results

A total of 61 climbers (44 men, 17 women), mean age of 34 ± 8 years, participated in the study. Participants' climbing background, training and grade reached are shown in Table 1. Volunteers had been climbing for an average of 8 ± 6 years without significant gender differences. Climbing ability, according to both onsight and redpoint grade, was significantly greater in males compared to females ($p < 0.05$). A total of 42% of men and 58% of women were classified as intermediate climbers; 42% of

Table 1. General characteristics of climbers (age, climbing background, training and reached grade) by gender groups.

	Men (n=44)	Women (n=17)
Age (years)	34.3 ± 8.0	34.9 ± 8.5
Climbing background (years)	9.2 ± 6.5	7.6 ± 5.7
Training days/week	3.6 ± 1.1	2.7 ± 0.7*
Bouldering (% of participants)	61.1	41.7
Sport climbing (% of participants)	100	100
Traditional Climbing (% of participants)	41.7	58.3
Onsight grade (IRCRA Scale)	16.6 ± 3.7	12.8 ± 1.9*
Redpoint grade (IRCRA Scale)	19.1 ± 3.9	14.5 ± 2.3*

Data are expressed as mean ± standard deviation

IRCRA: International Rock Climbing Research Association

* $P < 0.05$ between men and women.

Table 2. Anthropometric and body composition data of climbers by gender groups.

	Men (n=44)	Women (n=17)
Height (cm)	176.3 ± 6.2	163.1 ± 4.1*
Weight (kg)	69.4 ± 6.9	56.4 ± 4.1*
BMI (kg/m ²)	22.3 ± 1.8	21.2 ± 1.8*
Arm span (cm)/height (cm)*100	103.1 ± 2.7	101.8 ± 2.9
% body fat	8.1 ± 1.5	15.7 ± 3.0*
Endomorphism	2.1 ± 0.6	3.4 ± 0.9*
Mesomorphism	4.7 ± 1.0	4.0 ± 1.0*
Ectomorphism	2.9 ± 1.0	2.6 ± 0.9

Data are expressed as mean ± standard deviation

* $P < 0.05$ between men and women.

men and women in the advanced level and 17% of men in the elite group. As expected, the greater the number of training days a week, the higher the level obtained ($P < 0.05$).

Anthropometric and body composition data are shown in Table 2. Average BMI of participants was in normal range²⁴, while body fat percentage was at low-healthy levels²⁵ in both men and women. Average arm span/height*100 ratio, was over one hundred units in both genders. Somatotype values indicate a mesomorphic body shape characterized by a moderate muscular and bone mass development. As expected, men had significantly less % body fat, a lesser endomorphic index and a higher mesomorphic one. Consequently, the BMI was significantly higher in men than in women. No differences were seen in the ape index. We observed statistical differences ($P < 0.05$) in the percentage of body fat according to the different levels of the IRCRA classification. Elite climbing men had a lower body fat percentage compared to intermediate and advanced participants. Also, a statistically significant negative correlation was found between percentage of body fat and range in the IRCRA scale ($P < 0.0005$), this correlation being stronger in men than in women.

Global dietary intakes and intakes on each of the three analyzed days are shown in Table 3. Energy intake was low compared to the estimated energy expenditure in both genders: 41% energy deficiency was observed in men (they met 59% of their energy requirement) and 38% in women (they met 62% of their energy requirement), on the average three evaluated days. This deficiency was more remarkable on the rock-climbing day (57% of deficiency in men and 36% in women) and on the climbing- gym day (43% of deficiency in men and 37.5% in women) than on the non-climbing day (28% of deficiency in men and 25% in women) with statistical differences among the three days ($P < 0.001$). Protein and CHO intakes were also lower than the targets (20-25% of deficiency in proteins and 43-49% for CHO). These results were quite similar in men and women and also on the three days studied. The macronutrient distribution range of the energy is shown in Table 3. Lipid contribution to energy intake was high in both genders and on all the days, when compared to Spanish Nutritional Objectives²⁰ and to athlete's recommendations¹⁴, while the carbohydrate contribution to energy was below recommendations. We observed an elevated intake of SFA and a low MUFA intake. Sugar consumption was high and fiber was low on all evaluated days and in both genders.

Micronutrient intakes (Table 4) were acceptable except for iodine, zinc and vitamin D in the case of men. Zinc, iron, folate, vitamin D and vitamin E intakes showed deficiencies in women. Intakes of iron and folate were significantly lower in women ($P < 0.05$) than men on the non-climbing day.

There was a positive correlation between climbing ability and the quality of the diet (MAR) on the non-climbing day ($P = 0.005$). After grouping the climbers by similar loads of training (number of training days per week) (Table 5), we observed a higher MAR in advanced/elite level climbers compared to intermediate level volunteers, on the three different days and in the average of the 3 day study period, being statistically significant in the average 3 day study period ($P = 0.046$) and on the rock climbing day ($P = 0.043$) in the group that trained 3 days a week.

Discussion

The present study examined the diet of a group of Spanish climbers on three different days: non-climbing, climbing-gym training and rock-climbing day, as well as their body composition. This study is unique in that it takes into account the whole dietary intake of participants of this sport.

Men trained significantly more days a week than women and reached a higher grade (19 vs 15 redpoint grade). Anthropometric characteristics (height, weight, BMI, % body fat) of volunteers were similar to those reported in some previous studies^{2,5,26,27} and have slightly higher values from others studies performed in elite climbers^{4,6,28-31}. In any case, our results show that climbers are not small in stature³², and have a low body mass and low body fat percentage. For some authors^{13,33}, the central issue appears to be specific body proportions rather than body size, and characteristics such as arm span may be of greater importance when selecting subjects for competitive sport climbing. In our study, arm span was greater than body height in men and women and, consequently, the index arm span/height (or ape index) is over 1.0, as also shown by other authors^{6,29,31,33}.

Table 3. Macronutrient intake compared to estimated targets. Average of the 3 day study period, non-climbing day, climbing-gym day training and rock climbing day training.

	Target	Average 3 day-study period				Non-Climbing Day (A)				Climbing Gym -Day (B)				Rock Climbing- Day (C)				Comparison between days
		Total (N=45)	Men (N=34)	Women (N=11)	P	Total (N=45)	Men (N=34)	Women (N=11)	P	Total (N=45)	Men (N=34)	Women (N=11)	P	Total (N=45)	Men (N=34)	Women (N=11)	P	
Energy																		
%ETR	personalized	61.2±15.1	59.3±12.1	62.3±21.5	NS	72.8±24.0	72.1±23.7	75.2±26.0	NS	58.3±18.8	57.3±18.0	62.5±23.0	NS	47.8±16.7	43.4±10.8	64.0±24.8	0.002	A vs B P=0.002 A vs C P=0.0005 B vs C P=0.001
Proteins																		
% ETR	personalized	80.0±24.1	80.2±24.9	79.4±22.9	NS	82.7±34.8	83.1±33.8	81.3±39.6	NS	83.0±31.5	84.6±33.5	78.3±25.0	NS	74.9±23.2	72.4±24.5	81.9±18.7	NS	NS
% Total energy intake	15%	17.0±4.2	17.4±4.5	15.8±3.0	NS	17.1±5.2	17.5±5.4	15.8±4.5	NS	18.0±4.9	18.1±5.0	17.4±4.5	NS	16.0±4.9	16.6±5.3	14.3±3.1	NS	NS
Carbohydrates																		
% ETR	personalized	54.0±15.4	53.8±16.1	54.7±14.0	NS	51.9±17.2	52.1±18.1	51.3±14.7	NS	53.3±25.3	55.3±26.8	46.5±19.2	NS	57.4±16.3	54.4±15.6	65.7±16.0	0.05	NS
% Total energy intake	50-55%	41.2±6.3	41.4±5.5	40.6±8.3	NS	40.7±8.2	40.6±7.4	41.2±10.7	NS	40.3±10.4	41.1±9.6	37.9±12.9	NS	42.5±7.6	43.0±7.6	41.2±7.7	NS	NS
Fat																		
% Total energy intake	30-35%	36.9±6.7	36.4±6.2	38.4±8.0	NS	37.5±8.0	37.3±7.2	38.2±10.4	NS	37.4±9.7	36.7±9.2	39.9±11.2	NS	35.5±8.2	34.6±7.8	38.6±9.0	NS	NS
SFA																		
% Total energy intake	7-8%	11.6±3.6	11.3±3.4	12.5±4.2	NS	11.9±4.3	11.7±3.9	12.3±5.6	NS	11.3±4.6	10.8±4.0	12.8±5.8	NS	11.8±4.0	11.5±4.1	12.6±4.0	NS	NS
MUFA																		
% Total energy intake	20%	15.1±3.1	15.2±3.2	14.8±2.8	NS	15.5±3.9	15.9±4.2	14.3±2.7	NS	15.8±5.0	15.7±5.2	15.9±4.3	NS	13.9±4.1	13.6±3.9	14.8±4.8	NS	NS
PUFA																		
% Total energy intake	5%	6.3±2.4	5.9±1.8	7.2±3.6	NS	6.4±3.4	6.0±2.5	7.6±5.2	NS	6.3±2.9	6.0±2.1	7.3±4.6	NS	6.2±3.2	5.8±2.8	7.2±4.1	NS	NS
TFA																		
g	< 2 g/day	0.3±0.3	0.3±0.3	0.3±0.4	NS	0.2±0.3	0.2±0.3	0.2±0.4	NS	0.4±0.6	0.4±0.5	0.5±0.8	NS	0.3±0.4	0.2±0.5	0.3±8.3	NS	A vs B P=0.027 B vs C P=0.05
Sugars																		
% Total energy intake	< 10%	19.0±4.8	18.2±4.5	21.4±4.9	NS	19.3±5.5	18.4±5.2	21.9±5.8	NS	18.7±7.6	17.6±7.0	22.0±8.5	NS	18.9±5.8	18.8±6.3	19.3±7.1	NS	NS
Alcohol																		
% Total energy intake		2.6±2.9	2.5±2.8	2.9±3.4	NS	2.3±3.7	2.3±3.4	2.4±4.5	NS	1.8±3.0	1.7±2.8	2.3±3.6	NS	3.8±5.4	3.7±5.9	4.0±3.9	NS	B vs C P=0.05
Fiber																		
g	> 25g/day women > 35g/day men	23.1±7.9	23.6±8.6	21.5±5.2	NS	23.9±8.8	24.7±9.3	21.3±7.0	NS	24.1±10.1	25.4±10.8	20.2±6.5	NS	21.4±9.9	20.8±10.3	22.9±8.7	NS	NS

Data are expressed as mean ± standard deviation.

%ETR: Percentage of Estimated Target Recommendation. Energy Target was personalized to individual total energy expenditure for each of the days; Protein intake was targeted to 1.7 g x kg body/weight and Carbohydrate intake target was estimated as 6 g x kg body weight.

SFA: Saturated fatty acids; MUFA: Monounsaturated fatty acids; PUFA: Polyunsaturated fatty acids; TFA: Trans fatty acids.

Regarding body fat, in our study, climbers with better performance (elite level) had a lower percentage body fat than those in the advanced or intermediate level. A statistically significant negative correlation was found between percentage of body fat and range on the IRCRA scale, and this correlation was stronger in men than in women. In this regard, although these anthropometric characteristics are not necessarily required to attain the top level of climbing performance, they may be considered beneficial for success in climbing³³.

The main nutritional findings in this study were that energy, protein and carbohydrate intake were low compared to estimated targets in both genders. In the case of energy and carbohydrates, an approximate deficiency of 40% was observed, and for proteins 20-25% deficiency was reported. Whereas protein and carbohydrate intake were similar on the three evaluated days, energy consumption was significantly different, being the lowest on the rock-training day. Climbers usually report a lack of appetite on the rock-climbing training day. It is well-documented that

Table 4. Percent of Spanish Dietary Recommended Intakes (%DRI) covered by the diet of volunteers. Average of the 3 days study period; non-climbing day, climbing-gym day training and rock-climbing day training

	Average 3 day-study period				Non-Climbing Day (A)				Climbing Gym -Day (B)				Rock Climbing- Day (C)				comparison between days
	Total (N=45)	Men (N=34)	Women (N=11)	P	Total (N=45)	Men (N=34)	Women (N=11)	P	Total (N=45)	Men (N=34)	Women (N=11)	P	Total (N=45)	Men (N=34)	Women (N=11)	P	
Minerals																	
Calcium	81.2±23.6	80.4±21.7	83.3±29.2	NS	78.8±29.4	77.6±28.6	82.3±33.0	NS	78.5±30.7	77.3±28.0	82.1±39.4	NS	85.5±37.6	87.4±38.8	84.2±35.6	NS	NS
Iron	129.5±54.1	149.9±46.9	71.7±21.5	0.0005	131.6±62.8	154.3±53.8	61.3±24.0	0.0005	133.3±66.4	153.0±63.6	72.5±26.3	0.0005	12.3±62.9	145.5±65.4	83.6±17.3	0.004	NS
Iodine	68.0±23.9	65.8±25.8	74.1±16.8	NS	70.0±33.7	68.8±35.9	73.6±27.1	NS	64.3±33.3	62.9±33.2	68.8±34.8	NS	69.5±36.6	65.3±38.9	81.1±27.6	NS	NS
Zinc	63.3±20.5	64.7±20.7	59.3±20.4	NS	61.3±22.1	64.8±22.5	50.4±17.4	NS	69.4±31.4	70.9±32.8	65.0±27.4	NS	59.9±26.2	58.7±26.4	63.3±26.6	NS	Bvs C P=0,05
Magnesium	92.5±26.5	93.1±28.7	91.0±19.8	NS	86.6±26.4	88.1±28.4	81.9±19.2	NS	98.0±39.3	100.6±43.1	89.9±23.7	NS	95.1±34.9	92.2±35.7	103.4±32.5	NS	NS
Potassium	82.1±21.3	85.0±22.9	73.7±13.5	NS	83.7±26.1	87.8±26.9	71.0±19.2	NS	87.5±28.1	91.1±30.0	76.3±185	NS	74.6±25.6	75.4±27.9	72.6±19.9	NS	NS
Phosphorum	202.7±53.7	206.6±51.8	191.5±59.6	NS	197.3±63.3	203.4±61.2	178.3±69.0	NS	207.2±73.3	213.9±72.2	186.6±76.4	NS	206.8±72.4	205.1±75.8	211.5±65.3	NS	NS
Selenium	162.2±49.6	158.6±49.1	180.3±49.4	NS	162.7±80.3	158.2±79.3	176.5±85.5	NS	176.3±78.6	174.2±77.6	182.9±85.4	NS	153.6±59.0	140.9±62.1	189.6±28.0	0.02	NS
Vitamins																	
Tiamin	127.7±68.8	137.1±73.7	101.2±44.8	NS	142.2±105.4	157.4±104.6	95.0±69.0	NS	119.1±54.3	122.9±52.2	107.1±61.4	NS	123.8±55.5	131.5±59.8	102.2±34.5	NS	NS
Riboflavin	109.1±54.0	112.9±60.3	98.2±29.5	NS	120.7±125.2	130.5±123.4	90.3±37.3	NS	102.8±45.2	103.8±46.6	99.5±42.8	NS	103.1±49.8	103.7±54.4	101.5±35.9	NS	NS
Niacin	261.1±206.2	245.4±228.8	305.5±261.2	NS	267.1±204.6	251.9±231.8	314.4±294.8	NS	271.6±201.8	253.1±220.2	328.8±284.4	NS	164.1±66.0	172.6±71.2	140.2±42.6	NS	NS
vit. B6	141.1±41.9	148.7±44.6	119.5±22.5	0.04	132.1±82.5	142.1±91.1	101.2±33.9	NS	131.6±48.0	132.2±52.0	117.5±30.6	NS	129.0±49.7	129.7±53.5	127.3±39.2	NS	NS
Folate	74.8±26.2	78.7±27.5	63.7±19.6	NS	77.6±38.8	85.0±40.3	54.5±22.7	0.02	76.3±37.3	78.4±39.1	70.1±32	NS	71.2±35.4	72.9±39.5	66.4±20.4	NS	NS
vit. B12	279.6±126.9	290.4±130.4	248.9±116.4	NS	293.8±253.6	295.2±257.6	289.5±252.1	NS	299.2±190.1	304.1±200.9	283.8±159.4	NS	251.9±149.4	66.4±20.4	201.8±85.3	NS	NS
vit. C	247.4±129.4	248.4±135.1	241.0±117.2	NS	267.3±178.4	271.2±193.6	255.2±127.1	NS	269.3±156.9	264.3±156.1	284.5±166.1	NS	194.3±142.8	200.8±160.3	175.8±77.7	NS	AvsB P=0.001 BvsC P=0.0005
vit. A	160.9±78.4	158.3±77.4	168.4±84.2	NS	118.7±74.7	122.0±80.7	108.3±53.9	NS	97.5±74.6	91.8±65.1	115.1±100.1	NS	85.2±64.7	76.9±53.5	108.3±88.3	NS	AvsB P=0.007
vit. D	20.4±15.5	23.4±16.5	11.8±7.0	NS	19.9±16.9	21.8±17.1	14.1±15.8	NS	22.5±24.0	25.5±26.3	13.5±11.5	NS	18.5±24.3	21.9±27.7	8.9±3.4	NS	NS
vit. E	81.5±35.0	84.8±37.1	72.2±27.2	NS	82.1±61.0	83.9±63.3	76.8±47.3	NS	91.5±53.2	99.1±56.3	67.9±34.4	NS	71.9±44.8	70.1±47.2	77.0±38.8	NS	NS
vit. K	112.3±160.7	104.0±56.5	136.0±67.9	NS	114.0±85.4	113.1±92.5	117.0±61.6	NS	131.8±113.2	116.8±82.5	178.0±175.5	NS	87.5±79.7	79.2±79.8	110.4±78.5	NS	NS

Data are expressed as mean ± standard deviation.

Table 5. Differences in Mean Adequacy Ratio (MAR) between intermediate and advance/elite climbers by groups of training load. Average of the 3 days, non-climbing day; climbing-gym day and rock-climbing day.

	Average 3 day-study period	P	Non-Climbing Day (A)	P	Climbing Gym -Day (B)	P	Rock C limbing- Day (C)	P
3 d/w training								
Intermediate	76.6±2.6		71.2±10.6		77.6±6.4		68.2±12.05	
Advanced/Elite	79.6±9.6	0.046	78.2±11.4	0.128	78.2±11.5	0.647	82.7±10.6	0.043
4 d/w training								
Intermediate	78.6±7.9		74.9±7.3		73.8±10.8		78.5±13.9	
Advanced/Elite	79.6±3.3	0.481	79.6±10.6	0.659	79.1±9.4	0.649	72.8±2.2	0.600

Data are expressed as mean ± standard deviation.

exercise decreases orexigenic peptide (acylated ghrelin) and increases anorexigenic peptides (i.e., PYY and GLP-1) during and immediately after an acute bout of exercise³⁴. Exercise can also influence other hormones related to appetite, such as cortisol and insulin³⁵. These hormonal changes often coincide with a transient reduction in subjective appetite responses, described as “exercise-induced anorexia”. Additionally, climbing is a stressful situation. Stress activates anorexigenic pathways leading to a decreased food intake. The general assumption can be made that acute or repeated restraint stress results in decreased food intake

resulting in stress-induced anorexia³⁶. Furthermore, compensation intake does not occur when energy deficits are generated by exercise³⁷. Both factors (exercise and stress) could lead to LEA (low energy availability) a situation with negative health and performance outcomes³⁸ that should be further study in climbers.

Similar results to ours were found by Zapf *et al.* and Merrells *et al.*^{11,12} in adult elite climbers and Michael *et al.*¹³ in adolescent rock climbers. Therefore, all results together show the urgent need for nutritional advice in this group of athletes.

The mean macronutrient contribution to energy was unbalanced (protein:fat:CHO:alcohol to energy intake was 17:38:42:3% respectively) and this macronutrient distribution, as well as other dietary characteristics (elevated intake of SFA and sugars and low MUFA and fiber intakes), are similar to those found in studies of the general Spanish population³⁹.

To the best of our knowledge, this is the first study to assess micronutrient intake in climbers. Intakes of vitamins and minerals were acceptable except for iodine, zinc and vitamin D in the case of men. On the other hand, zinc, iron, folate, vitamin D and vitamin E were deficient in women. Intakes of iron and folate were significantly lower in women than men on the non-climbing day. Both nutrients are critical for the correct transport of oxygen by blood and the prevention of anemia. Folate also plays an essential role in amino acid metabolism and DNA synthesis. These inadequacies were similar to those shown by Partearroyo *et al.*⁴⁰ in the ANIBES study in Spain in the general population, indicating that the volunteers of the present study had typical Spanish eating habits rather than an athlete's diet in which nutrition strategies focus on providing adequate substrate stores to meet the fuel demands and nutrient requirements of the sport¹⁴. It is important to bear in mind that dietitians do not usually work in climbing-gyms in Spain; so, apart from personal interest, it is not easy to find nutritional advice or recommendations when practicing this type of sport even when aiming to professionalize.

Despite the lack of available advice, in general the quality of the diet calculated as the Mean Adequacy Ratio (MAR), which focuses on the nutrients involved in energy metabolism and bone-muscular health, was adequate for men and women on the three days evaluated. After grouping the volunteers by similar training load, i.e. those training for 3 or more days a week, we observed a higher MAR in advanced/elite level climbers compared with intermediate level ones, being statistically significant on the rock-climbing day. Furthermore, there was a positive correlation between climbing ability and MAR on the non-climbing day. These results indicate a potential relationship between climbing ability and the quality of the diet that could, therefore, be responsible for a significant part of the factors involved in performance. Consequently, we consider that acquiring good food habits could significantly improve climbing performance, although this should be studied in larger samples in the future.

Conclusion

This study in recreational climbers reveals that they have anthropometric characteristics similar to other studies performed in this sport, which differ according to climbing ability (with less body fat related to better performance). However, the dietary intakes failed to meet recommendations for energy, macronutrients and some micronutrients, which could negatively affect their physical performance. We described a possible relationship between climbing ability and the quality of the diet that should be evaluated further. Results indicate a need for specific nutritional recommendations for climbers. The present research could help to better understand the real needs of participants of this sport and support a need for evidence-based food intake recommendations specifically targeting this population.

Strengths and limitations

The main strength of the present study is the novelty of the dietary data, recorded on three different days: non-climbing day, climbing-gym day and rock-climbing day, including, in this way, all possible training situations and assessing the difference between them, in addition to a "rest day". Furthermore, anthropometric measurements were assessed by two ISAK level III-certified anthropometrists, ensuring the accuracy of the measurements.

However, some limitations should also be noted. First, the self-reported dietary records introduce the possibility of under or over reported food intake. The need to estimate portion sizes is also a well-known limitation of the register method in household measures. We tried to limit this by giving oral and written instructions and by double-checking the final reports.

Finally, it is impossible to know the exact number of people practicing climbing in Madrid, as the the Mountaineering Federation in the Community of Madrid (Spain) does not distinguish between members who practice climbing and those who practice any other mountain sport. This, together with the fact that only one of every four people who practice climbing is officially federated makes it impossible to determine the real statistical power of the sample size. In spite of this, comparing our findings with other research studies of the same population and taking into account the unique nature of the target population, we believe that the present results can be considered as representative.

Acknowledgements

We would like to thank The Mountaineering Federation of Madrid and the close collaboration of the users and management team of The Climb, Indoorwall Griñón, Rock 30 and the Climbing-Gym of the University of Alcalá de Henares, and their willingness to help us during the field-work of this research.

Authors' contributions

The study was designed by NÚ; data were collected and analyzed by NÚ, CL-C and ÁG-G; data were interpreted by ÁG and NÚ; manuscript preparation was undertaken by NÚ and ÁG. All authors approved the final version of the paper.

Conflicts of Interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Ozimek M, Staszkiwicz R, Rokowski R, Stanula A. Analysis of Tests Evaluating Sport Climbers' Strength and Isometric Endurance. *J Hum Kinet.* 2016;53:249-260.
- Booth J, Marino F, Hill C, Gwinn T. Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *Br J Sports Med.* 1999;33:14-8.
- España-Romero V, Ortega Porcel FB, Artero EG, Jiménez-Pavón D, Gutiérrez Sainz A, Castillo Garzón MJ, *et al.* Climbing time to exhaustion is a determinant of climbing performance in high-level sport climbers. *Eur J Appl Physiol.* 2009;107:517-25.
- Grant S, Hasler T, Davies C, Aitchison TC, Wilson J, Whittaker A. A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational and non-climbers. *J Sports Sci.* 2001;19(7):499-505.

5. Mermier CM, Janot JM, Parker DL, Swan J.G. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *Br J Sports Med.* 2000;34:359-65; discussion 66.
6. Watts PB, Joubert LM, Lish AK, Mast JD, Wilkins B. Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *Br J Sports Med.* 2003;37:420-4.
7. España-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Jiménez-Pavón D, Gutiérrez A, Castillo MJ, et al. Physiology of Sport Climbing (Aspectos fisiológicos de la escalada deportiva). *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.* 2009;9(35):264-98.
8. Reilly T, Secher N, Snell P, Williams C. Anthropometry. In: Secher N, Snell P, Williams C, (Eds.) *Physiology of Sports.* London: E. and F.N. Spon, 1990. p. 470-83.
9. MacLeod D, Sutherland DL, Buntin L, Whitaker A, Aitchison T, Watt I, et al. Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *J Sports Sci.* 2007;25:1433-43.
10. Schweizer, A., Furrer, M. Correlation of forearm strength and sport climbing performance. *Isokinet Exerc Sci.* 2007;15:211-6.
11. Merrells KJ, Friel JK, Knaus M, Suh M. Following 2 diet-restricted male outdoor rock climbers: impact on oxidative stress and improvements in markers of cardiovascular risk. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33:1250-6.
12. Zapf J, Fichtl B, Wielgoss S, Schmidt W. Macronutrient intake and eating habits of elite rock climbers. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:572.
13. Michael MK, Joubert L, Witard OC. Assessment of Dietary Intake and Eating Attitudes in Recreational and Competitive Adolescent Rock Climbers: A Pilot Study. *Front Nutr.* 2019;6:64.
14. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sport Medicine. Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada. Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sport Exerc.* 2016;48(3):543-68.
15. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Ridder, H. International Standards for Anthropometric Assessment. Handbook. International Society for the Advance of Kineanthropometry. 2011.
16. Carter J. Body composition of Montreal Olympic athletes. In: Carter J (ed). *Physical structure of Olympic athletes Part I: The Montreal Olympic Games Anthropological Project.* Basel, Switzerland: Karger. 1982. p. 107-16.
17. Carter J. 2002. The Heath-Carter Anthropometric Somatotype-Instruction Manual; Available at: <http://cmvwsomatotype.org/Heath-CarterManual.pdf>. [accessed 02.09.2019].
18. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR, Tudor-Locke C, et al. Compendium of Physical Activities: A Second Update of Codes and MET Values. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011;43:1575-81.
19. FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Technical Report Series. Nº 724. WHO. Ginebra. 1985.
20. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC). Nutritional objectives for the Spanish population. Consensus of the Spanish Society of Community Nutrition. (Objetivos nutricionales para la población española. Consenso de la sociedad Española de Nutrición Comunitaria). *Rev Esp Nutr Comunitaria.* 2011;17(4):178-99.
21. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera ML, Cuadrado C. Food composition tables (Tablas de Composición de Alimentos). 19ª ed. Madrid. Pirámide. 2018.
22. INDDEx Project 2018, Data4Diets: Building Blocks for Diet-related Food Security Analysis. Tufts University, Boston, MA. Available at: <https://inddex.nutrition.tufts.edu/data4diets>. [accessed 17.07.2019].
23. Draper N, Giles D, Schöffl V, Fuss F, Watts P, Wolf P, et al. Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement'. *Sports Technology.* 2016;8(34):88-94.
24. World Health Organization. 2014. BMI Classification. Available at: http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html. [accessed 02.09.2019].
25. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(3):694-701.
26. Watts PB, Martin DT, Durtschi S. Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *J Sports Sci.* 1993;11:113-7.
27. Watts PB, Daggett M, Gallagher P, Wilkins B. Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *Int J Sports Med.* 2000;21:185-90.
28. Grant S, Hynes V, Whittaker A, Aitchison T. Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *J Sports Sci.* 1996;14:301-9.
29. Alvero-Cruz JR, Giner Arnabat L, Alacid Cárceles F, Rosety-Rodríguez MA, Ordóñez Muñoz, F.J. Somatotype, Fat and Muscle Mass of Elite Spanish Climbers (Somatotipo, Masa Grasa y Muscular del Escalador Deportivo Español de Elite). *Int. J. Morphol.* 2011;29(4):1223-130.
30. España-Romero V, Ortega-Porcel F, García-Artero E, Ruiz JR, Gutiérrez-Sainz A. Performance, anthropometric and muscle strength characteristics in Spanish elite rock climbers. *Selección: Revista Española e Iberoamericana de la Medicina de la Educación Física y el Deporte.* 2006;15:176-83.
31. España-Romero V, Ruiz JR, Ortega FB, Artero EG, Vicente-Rodríguez G, Moreno LA, et al. Body fat measurement in elite sport climbers: Comparison of skinfold thickness equations with dual energy X-ray absorptiometry. *J Sport Sci.* 2009;27(5):469-77.
32. OECD. 2009. "Height", in Society at a Glance 2009: OECD Social Indicators, OECD Publishing, Paris. DOI: https://doi.org/10.1787/soc_glance-2008-26-en [accessed 02.09.2019].
33. Tomaszewski P, Gajewski J, Lewandowska J. Somatic Profile of Competitive Sport Climbers. *J Hum Kinet.* 2011;29:107-13.
34. Schubert MM, Sabapathy S, Leveritt M, Desbrow B. Acute exercise and hormones related to appetite regulation: a meta-analysis. *Sports Med.* 2014;44(3):387-403.
35. Begg DP, Woods SC. The endocrinology of food intake. *Nat Rev Endocrinol.* 2013;9:584-97.
36. Ans AH, Anjum I, Satija V, Inayat A, Asghar Z, Akram I, et al. Neurohormonal Regulation of Appetite and its Relationship with Stress: A Mini Literature Review. *Cureus.* 2018;10(7):e3032.
37. King JA, Wasse LK, Ewens J, Crystallis K, Emmanuel J, Batterham RL, et al. Differential acylated ghrelin, peptide YY3-36, appetite, and food intake responses to equivalent energy deficits created by exercise and food restriction. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011;96:1114-21.
38. Melin AK, Heikura IA, Tenforde A, Mountjoy M. Energy Availability in Athletics: Health, Performance, and Physique. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29(2):152-64.
39. Ruiz E, Ávila JM, Valero T, del Pozo S, Rodríguez P, Aranceta-Bartrina J, Gil Á, et al. Energy Intake, Profile, and Dietary Sources in the Spanish Population: Findings of the ANIBES Study. *Nutrients.* 2016;7(6):4739-62.
40. Partearroyo T, Samaniego-Vaesken ML, Ruiz E, Varela-Moreiras G. Assessment of micronutrients intakes in the Spanish population: a review of the findings from the ANIBES study. *Nutr Hosp.* 2018;35 (Nº Extra. 6):20-4.

Presence of women in futsal. A systematic review

Alberto Sanmiguel-Rodríguez

Faculty of Language and Education. Nebrija University. Madrid. Spain. Faculty of Language and Education. University of Camilo José Cela. Madrid. Spain.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00048

Recibido: 01/09/2020
Aceptado: 01/04/2021

Summary

Futsal is one of the sports that has been gaining in number of practitioners worldwide. Among the groups in which the practice has grown in recent decades, women stand out. Thus, the objective of this review is to offer a vision of the most recent scientific publications in relation to the presence of women in futsal. For this, a systematic review was carried out from 2015 to 2020, searching with the terms of the UNESCO Thesaurus: "futsal" and "woman" in the Scopus and Dialnet databases, allowing the selection of original articles (experimental, descriptive, quasi-experimental and / or case studies) that included information on this line of research. A total of 381 articles were found, although after applying the inclusion criteria of the review they were reduced to 27 articles. These publications were divided into three main categories: 1) Research related to conditioning factors of training and competition in women, 2) Research related to injuries and other psychological variables in women and 3) Other topics investigated; doing a discussion about each of these categories. In conclusion, this systematic review makes it possible to quickly and easily observe the analysis of women's futsal research within the international context in recent years, as well as to identify the most relevant scientific issues today. Thus, there is a scarce number of publications on the presence of women in futsal in all the topics of study, and therefore, it is necessary to cover with greater scientific contribution given the great boom, extension and popularity that has been acquiring the figure of the woman in this sport.

Key words:

Futsal. Female. Sport. Review.

Presencia de la mujer en el fútbol sala. Una revisión sistemática

Resumen

El fútbol sala es uno de los deportes que ha ido ganando en número de practicantes a nivel mundial. Entre los grupos en los que ha crecido la práctica en las últimas décadas, se destacan las mujeres. El objetivo de esta revisión es ofrecer una visión de las publicaciones científicas más recientes en relación a la presencia de la mujer dentro del futsal. Para ello se realizó una revisión sistemática desde 2015 hasta 2020, buscando con los términos del Tesauro de la UNESCO: "futsal", "mujer" en las bases de datos Scopus y Dialnet, permitiendo seleccionar los artículos originales (estudios experimentales, descriptivos, cuasi-experimentales y/o estudios de caso), que incluían información sobre esta línea de investigación. Se encontraron un total de 381 artículos, aunque tras la aplicación de los criterios de inclusión de la revisión quedaron reducidos a 27 artículos. Estas publicaciones se distribuyeron en tres grandes categorías: 1) Investigaciones relacionadas con condicionantes del entrenamiento y la competición en la mujer, 2) Investigaciones relacionadas con lesiones y otras variables psicológicas en la mujer y 3) Otras temáticas investigadas; haciendo una discusión sobre cada una de estas categorías. Como conclusión, esta revisión sistemática permite observar de forma sencilla y rápida el análisis de las investigaciones de la mujer en el futsal dentro del contexto internacional en los últimos años, así como identificar los temas científicos más relevantes en la actualidad. Así pues, se halla un escaso número de publicaciones sobre la presencia de la mujer en el futsal en todas las temáticas de estudio, y por ello, resulta necesario cubrir con mayor aportación científica dado el gran auge, extensión y popularidad que ha ido adquiriendo la figura de la mujer en este deporte.

Palabras clave:

Fútbol sala. Mujer. Deporte. Revisión.

Correspondencia: Alberto Sanmiguel-Rodríguez

E-mail: asrgz2014@gmail.com

Introduction

Futsal is one of the sports that has been gaining in number of practitioners worldwide. Among the groups in which the practice has grown in recent decades, women stand out¹. Futsal, like soccer, has always been recognized as a sport played by men. This culture, for a long time, prevented girls from practicing this modality but, currently, there is a growing expansion of women's futsal with the creation of federated championships, leagues, national teams and clubs^{2,3}. Futsal is a sport with a growing popularity, as well as its level of performance, both in men and women⁴.

Women's futsal and soccer are modalities that had their practice made official recently, only at the end of the 20th century and, because they are not valued practices, they have few studies presented in the literature^{5,6}. Investigating the development of elite women's sports careers can be a way to better understand how gender issues and the specific conditions of women's sports practice have influenced the lives and personal experiences of athletes⁷. Women face many barriers, discrimination, and stereotypes to participate in a worldwide sport. The findings of these authors⁸ indicated several variations of the social construction of female futsal players through a process of objectification, dialectics externalization, and internalization on futsal. On the other hand, despite this growing expansion of women's futsal, few studies have investigated the specific physiological demands of women within this sport⁹.

Likewise, the area of evaluation of the functional state of the neuromuscular system and its impact on the physical fitness characteristics of futsal women players is not sufficiently substantiated¹⁰. However, the inclusion of women in futsal in recent years has become a topic of interest for the academic community¹¹. The presence of women in the sports field of futsal shows the change in mentality that there are sports for men and others for women; maybe that's the paradigm shift. In fact, women are increasingly involved with bodily practices, previously restricted to the male gender¹². However, the incentive to

practice women's futsal at Brazilian universities is still timid, despite being a very popular sport practiced in Brazil¹³.

The purpose of this study has been to carry out a review of the scientific literature from 2015 to 2020 that addresses the field of futsal, selecting only articles related to the presence of women for content analysis. Therefore, the objective of this study is to determine the amount of scientific papers that are published related to women in futsal, to analyse which are the most investigated topics in this field and thus establish which aspects are a little-studied field of research and therefore they offer more possibilities.

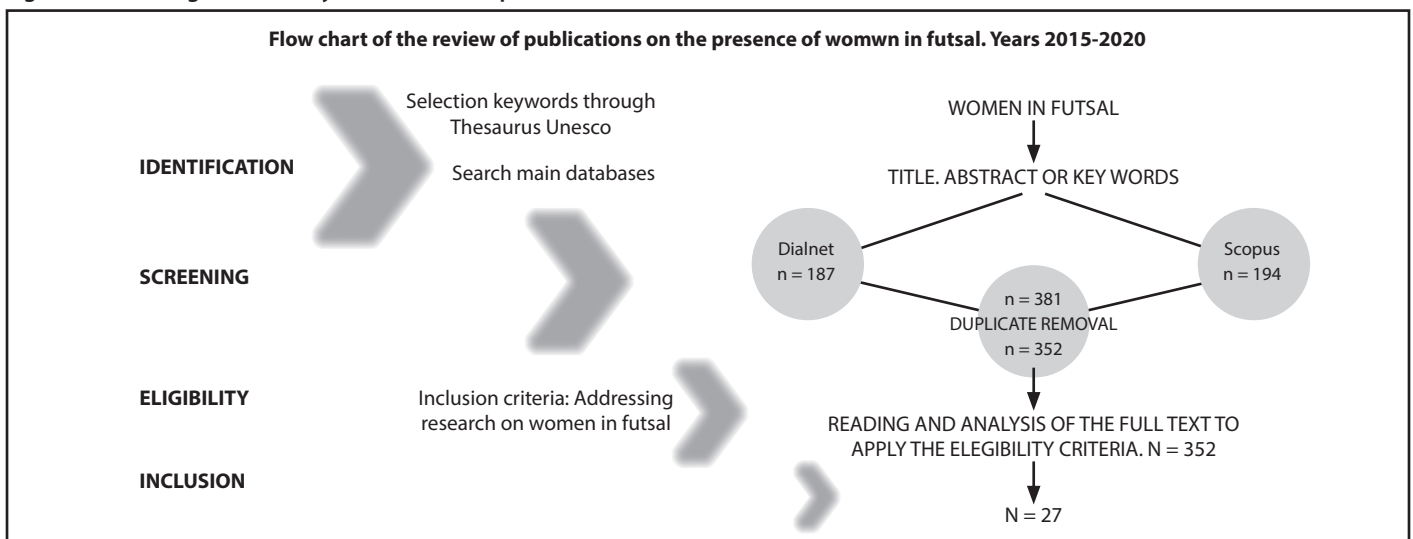
Material and method

The bibliographic review is a type of scientific article that, without being original, collects the most relevant information on a specific topic. Thus, for this review, a bibliographic search was carried out in the two most relevant international databases in this line of study. The first one, the Scopus database (Elsevier), was selected as it was a review in Social Sciences (texts in different languages). In addition, the Spanish Dialnet database was used as a complement. As keywords, the following terms were chosen from the UNESCO Thaurus (futsal, women and/or female). The inclusion criteria used in the review were the following:

- Articles published from January 1, 2015 to August 15, 2020.
- Articles that address any type of research related to futsal in the international context, incorporating experimental, descriptive, quasi-experimental studies and / or case studies.
- Articles that are published in English, Portuguese or Spanish.
- That the study analyse any variable related to women and futsal.

A total of 381 articles were found, but after applying the indicated selection criteria, the search brought together a total of 27 documents for analysis. Likewise, the work schedule for the search for information had four different phases, as can be seen below and in the flow diagram represented graphically in Figure 1.

Figure 1. Flow diagram of the systematic search process.



- 1st Phase: Search and selection of descriptors through the UNESCO Thesaurus.
- 2nd Phase: Detailed search in the scientific databases Scopus and Dialnet, using the inclusion criteria described above.
- 3rd Phase: Analysis of the content of the articles and classification by subject.
- 4th Phase: Categorization of articles and preparation of the manuscript: systematic review.

Once the 27 definitive articles had been selected, a detailed reading of all the articles was performed individually and a first categorization was made. The second phase was the analysis of the different articles

and the specification of the three definitive categories. As a result of this deductive procedure, triangulating the information, the final classification of the articles was carried out in the three mentioned categories.

Results

Once the flow chart of the systematic review of publications on the presence of women in futsal had been made, the result was 27 publications. All of them were included in a categorization process by subject, finally finding three categories of analysis of the scientific literature (Table 1).

Table 1. Synthesis of the studies found on presence of women in futsal.

Journal	Article title	Authors	Year	The purpose of the study	Results and conclusions
Research related to conditioning factors of training and competition in women					
<i>Biol Sport</i>	Aerobic fitness and performance in elite female futsal players	Barbero-Alvarez <i>et al.</i>	2015	The aim of this study was to determine aerobic fitness in elite female futsal players using laboratory and field testing.	Peak heart rate and post-exercise blood lactate concentrations were not significantly different between tests. Elite female futsal players possess moderate aerobic fitness.
<i>J Exerc Physiol Online</i>	Comparison of psychophysiological responses in game simulation and different training sessions in female futsal athletes	Barth <i>et al.</i>	2016	The purpose of this study was to compare the different modes to quantifying the training load in small-sided game (SSG), repeated sprint ability (RSA), and simulated match (SM).	The results demonstrate that sessions with SM and SSG show similar psychological and physiological responses, but lower than observed in RSA training sessions.
<i>Biol Sport</i>	Evaluation of the external and internal workload in female futsal players	Beato <i>et al.</i>	2017	The aim of this study was to quantify locomotor and mechanical activities performed during a non-competitive female futsal match, measuring the differences between the first and second half.	Female futsal players decreased the workload in the second half compared to the first one during this non-competitive match. It was found that fatigue impairs the performance in the second part of the game.
<i>Theory and Practice of Physical Culture</i>	Innovative approach in modeling of motor training of women's futsal teams	Chernysheva <i>et al.</i>	2015	The purpose of the present research was to simulate motor training of women's futsal national team on the basis of an assessment of the functional state of the neuromuscular system.	Simulation of situations of competitive activity in training conditions makes it possible to improve the abilities of female football players to quickly perceive and adequately assess the current game situation, to make a decision depending on the situation with regard to individual characteristics of the functional state of the neuromuscular system and motor fitness.
<i>SpringerPlus</i>	Profile of 1-month training load in male and female football and futsal players	Clemente & Nikolaidis	2016	The aim of this study was to analyse the variance of training load between male and female football and futsal players.	In this study it was possible to verify that female players spent more time in high intensity zones and that futsal training sessions are more intense than football sessions.
<i>Human Movement</i>	Heart rate variations between training days and types of exercise in men and women futsal and soccer players	Clemente <i>et al.</i>	2018	The aim of the study was to compare the heart rate (HR) responses of women and men soccer and futsal players during a 4-week period of training.	The tactical tasks and match were the activities that contributed to increases in heart rate max.
<i>RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol</i>	Effecto de la periodización con cargas selectivas sobre la incidència de lesiones en un equipo de futsal femenino durante temporada competitiva	Ruppel da Rocha & Delia Venera	2015	This study evaluated the effect of selective loads periodization on incidence of injuries in professional female Futsal players during competitive season.	Selective loads periodization is adequate and attends the requirements of the sport decreasing the incidence of injuries during competitive season in female Futsal players.

(continuation)

Journal	Article title	Authors	Year	The purpose of the study	Results and conclusions
<i>RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol</i>	Incidência local de finalizações e Gols efetivados em um campeonato de Futsal feminino	Galvão de Miranda <i>et al.</i>	2019	The objective was to identify and quantify the local incidence of finals and goals scored in a women's futsal championship through an analytical performance system.	The regions closest to the opponent's goal had the highest number of finals and goals, so the modification of the defensive systems of those regions is necessary to avoid possible negative results for the teams.
<i>The Anthropologist</i>	Effects of plyometric training on anaerobic capacity and motor skills in female futsal players	Karavelioglu <i>et al.</i>	2016	This study was conducted to define the effects of an 8-week plyometric training program on anaerobic capacity.	A statistically significant difference was observed in the following factors among the female futsal players of leg power, absolute peak power, absolute mean power, vertical jump and speed.
<i>Journal of Physical Education</i>	Physiological and neuromuscular responses during the game in female futsal players	Kassiano <i>et al.</i>	2019	The present study tested whether there are differences in physiological and neuromuscular responses in futsal athletes during a friendly game.	There was a substantial increase in lactate from the moment before the start of the game to the end of the first.
<i>The Journal of Strength & Conditioning Research</i>	Comparative effects of two interval shuttle-run training modes on physiological and performance adaptations in female professional futsal players.	Teixeira <i>et al.</i>	2019	The purpose of this study was to analyze the effects of 2 shuttle-run interval training (SRIT) models with 1 and 3 directional changes per running bout on the aerobic and anaerobic performances of elite female futsal players.	In elite female futsal players, SRIT15×15 is a promising strategy to enhance performance-related physical fitness attributes in a short-term period during the preseason.
<i>Sportis: Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad</i>	Análisis de la carga interna en los entrenamientos de fútbol sala femenino de 1ª división nacional	Pascual Verdú <i>et al.</i>	2016	The aim of this study is to analyze the heart rate (HR) and the rating perception of effort (RPE) in training women futsal players from the first division team of the Spanish league.	Having significant differences in the results of maximum heart rate between technical-tactical sessions and modified games and between the physiological and technical-tactical sessions. The results showed that the modified games session obtains values of heart rate and the rating perception of effort greater than the technical-tactical and physiological work sessions.
Research related to injuries and other psychological variables in women					
<i>Malays Orthop J.</i>	Incidence of football and futsal injuries among youth in Malaysian Games 2018	Ahmad-Shushami & Abdul-Karim	2020	The purpose of the study was to analyse the incidence, circumstances, and characteristics of football and futsal injuries during the Malaysian Games of 2018.	A total of 48 injuries were reported from 26 football matches, equivalent to 64.64 injuries per 1000 match hours. The rate of injury in women futsal players was higher compared to men.
<i>*Science & Sports</i>	*Short term creatine loading without weight gain improves sprint, agility and leg strength performance in female futsal players	*Atakan <i>et al.</i>	2019	*The main aim of this study is to identify the effects of short-term creatine supplementation on leg strength, velocity and agility in young female futsal players.	*Creatine supplementation significantly improved 10 m, 20 m and 30 m speed performances, leg strength and agility in female futsal players.
<i>RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol</i>	Prevalência e perfil de lesões esportivas em atletas de Futsal feminino nos jogos universitários brasileiros	Martins de Souza Filho <i>et al.</i>	2018	The aim of this study was to analyze the profile of athletic injuries in female athletes of the College Premier Futsal League during the Brazilian college sports competitions 2014.	Non-contact lesions with other athletes presented higher prevalence than lesions associated with contact. There was prevalence of single-record injuries when compared to injury re-occurrences. The prevalence of injuries per match showed high positive correlation with the day of the competition, a statistically significant result.
<i>Int J Sports Med</i>	Epidemiology of injuries in elite female futsal players: a prospective cohort study	Lago <i>et al.</i>	2020	The aim of this study was to analyze the injury incidence, characteristics and burden among a cohort of elite female futsal players.	The quadriceps and ankle were the regions where most injuries occurred. Contact injuries were more common during matches than training, and usually happened at the end of the season. Elite female futsal players are exposed to a substantial injury risk, especially on ankle and quadriceps with moderate severity, occurring at the end of the sessions, especially during matches.

(continuation)

Journal	Article title	Authors	Year	The purpose of the study	Results and conclusions
<i>Sustainability</i>	Healthy practice of female soccer and futsal: identifying sources of stress, anxiety and depression	Olmedilla <i>et al.</i>	2018	The aim of this study was to examine the post-injury psychological impact looking to avoid sources of health issues.	The female non-injured players presented values in anxiety higher than those corresponding to the non-injured male players.
<i>Revista Brasileira de Medicina Do Esporte</i>	Propriocepção e reforço muscular na estabilidade do tornozelo em atletas de futsal feminino.	Oscar Ribas <i>et al.</i>	2017	To compare the effects of proprioceptive training and muscle strengthening on the stability of the ankle joint in indoor soccer athletes through the Star Excursion Balance Test.	Both proprioceptive training and muscle strengthening training obtained statistically significant results and demonstrated good stability of the ankle joint.
<i>PeerJ.</i>	Injury incidence, characteristics and burden among female sub-elite futsal players: a prospective study with three-year follow-up.	Ruiz-Pérez <i>et al.</i>	2019	The main purpose of the current study was to analyze the injury incidence, characteristics and burden among sub-elite female futsal players.	The injuries with the highest injury burden were those that occurred at the knee, followed by quadriceps and hamstring strains.
<i>Asian J Sports Med</i>	Studying the Perceptive and Cognitive Function Under the Stress of Match in Female Futsal Players.	Sepahvand <i>et al.</i>	2017	The main purpose of this study was to analyze the effect of match-related stress on cognitive performance factors before and after matches among female futsal players.	The results indicated that in female futsal players, cortisol concentration in plasma was much higher before the match, compared with its concentration after the match.
Other topics investigated*					
<i>RBNE-Revista Brasileira De Nutrição Esportiva</i>	Estado nutricional e perfil alimentar de uma equipe escolar de Futsal feminino no município de Caxias do Sul-RS	Batalha <i>et al.</i>	2019	Evaluate the nutritional status and food profile of a school team of futsal players.	The results showed that the team is eutrophic and, according to the waist circumference, is not at risk for cardiovascular diseases. The percentage of fat is adequate and the athletes have good eating habits, although the associations between the variables studied were not statistically significant.
<i>RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol</i>	A mulher em quadra: evidências contemporâneas do contato inicial com futsal	Costa <i>et al.</i>	2018	This study aimed to highlight the beginning of the relationship between women and playing (futsal mode).	It was possible to conclude that female sportive initiation usually takes place in informal spaces and evolves into formal education late, their experience in the modality is stimulated by family and friends and the participation of these girls in competitions takes place at an opportune moment.
<i>RBNE-Revista Brasileira De Nutrição Esportiva</i>	Avaliação de hábitos alimentares de uma equipe de Futsal feminino	Barbosa <i>et al.</i>	2019	Evaluate the eating habits of a female futsal team.	Most athletes of the female futsal team, make intake above or below the daily recommendations for athletes, the data in the tables show in detail the total daily energy value as well as the amounts of macronutrients consumed.
<i>RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol</i>	Caracterização do perfil dos treinadores de futsal feminino de equipes que disputam os jogos abertos de Pelotas	de Freitas Vargas <i>et al.</i>	2017	The aim of this study was to characterize the profile of women's futsal coaches of teams that competed in the Pelotas open games.	The main difficulties cited for working with women's futsal were lack of financial support, sponsorship, base category teams, prejudice of families and a few competitions.
<i>Revista Brasileira de Medicina do Esporte</i>	Relative age in female futsal athletes: implications on anthropometric profile and starter status.	Aires Ferreira <i>et al.</i>	2020	To determine the effect of relative age (ERA) on competitive female futsal athletes, and its influence on anthropometric profile and starter status.	There was no ERA in distribution, anthropometric profile, or starter status between athletes born from January to June and those born between July and December. On the other hand, those born in the first months of the year showed longer practice times than those born in the latter months of the year.

(continuation)

Journal	Article title	Authors	Year	The purpose of the study	Results and conclusions
<i>RBF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol</i>	Efeitos de um programa periodizado de futsal na aptidão física de estudantes femininas de 13 e 14 anos de idade.	Fiorante & Pellegrinoti	2018	The objective of this study is to analyze the effects on the physical fitness of female students of full-time school from a periodic futsal program	The intervention group showed a significant difference in abdominal resistance, square test and 6-minute walk / walk tests in relation to the control group
<i>Motriz</i>	Brazilian women elite futsal players' career development: diversified experiences and late sport specialization	Mascarin <i>et al.</i>	2019	To investigate elite women sports career development can be a way to better understand how gender issues and specific women sport practice conditions have influenced athletes' life and personal experiences, also subside reflections on policies and pedagogic intervention on the sport	Interviewed players had their first sports experiences on a variety of practices during sport initiation in childhood

* Repeated studies in the different categories

As can be seen in Table 1, from 2015 to 2020 the category of Research related to conditioning factors of training and competition in women has gathered a total of 12 studies. The category of Investigations related to injuries and other psychological variables in women has had a total of 8 studies and, finally, the category of other topics studied has brought together a total of 8 studies.

Discussion

Research related to conditioning factors of training and competition in women

For Ruppel da Rocha and Delia Venera¹⁴, aerobic and muscular endurance, lower limb flexibility, muscular power, agility / speed and submaximal strength were developed during the preparatory period; in the competitive period, the technical and tactical components had greater emphasis and the physical capacities were maintained, with the total of injuries being 17%. Thus, periodization with selective loads is adequate and meets the demands imposed by the modality, reducing the incidence of injuries during the competitive season of female Futsal athletes¹⁴. The analysis of futsal in women provides useful information on their external load demands¹⁵. These authors Beato *et al.*¹⁵ indicated that female futsal players decreased the workload in the second half compared to the first during a non-competitive match and found that fatigue impaired performance in the second half of the game. The results of another research Pascual Verdú *et al.*¹⁶ showed that the modified match session obtains values for Heart Rate (HR) and subjective perception of effort greater than the technical-tactical and work sessions physical training of a female futsal team of the first national division. Likewise, for Clemente *et al.*¹⁷ the tactical tasks and the match were the activities that contributed to the largest increases in maximum HR. However, Barth *et al.*¹⁸ found no differences in maximum HR and only found differences in internal load between Small Sided Games and simulated matches. The results of these researchers¹⁹ show that the sessions with simulated match and Small Sided Game show similar psychological and physio-

logical responses, but lower than those observed in training sessions with repeated sprinting. Likewise, according to Barbero-Alvarez *et al.*⁹, the peak HR and blood lactate concentrations after exercise were not significantly different between the tests in elite futsal players who have moderate aerobic fitness. Kassiano *et al.*¹⁹ showed that although blood lactate increased in female futsal players, their performance was not suppressed during and immediately after a friendly game, suggesting that the neuromuscular system can be restored immediately after the game end.

Karavelioglu *et al.*²⁰ defined the effects of an 8-week plyometric training program on anaerobic capacity, leg strength, vertical jump, and speed values in women and observed a statistically significant difference in leg power, absolute peak power, absolute average power, vertical jump and speed. For their part, Teixeira *et al.*²¹ noted that in elite women's futsal, shuttle running interval training is a promising strategy to improve performance-related physical fitness attributes over a 5-week period during preseason, due to a better effect on aerobic and anaerobic qualities. Following Chernysheva *et al.*¹⁰ the simulation of situations of competitive activity in training conditions allows improving the capacities of futsal players to quickly perceive and adequately evaluate the current situation of the game, to make a decision based on the situation in terms of individual characteristics of the game functional status of the neuromuscular system and motor fitness. An improved central movement regulation mechanisms in girls contributes to effective physical performance when playing sports.

The central sectors of the field have the highest effectiveness rates. Therefore, the quadrants closest to the rival goal had the highest number of shots and goals scored, so it is necessary to modify the defensive systems of these regions to avoid possible negative results for the teams. Regarding the analytical performance system, the scout proved to be useful in analyzing various fundamentals of the sport, including the completions and the effective goals in a women's futsal championship²². In another study²³ it was found that female players spent more time than male players in high-intensity areas and that futsal training sessions are more intense than soccer sessions.

Research related to injuries and other psychological variables in women

Injuries are one of the worst scenarios for an athlete and a team²⁴. Futsal is a team sport characterized by fast movements and high intensity, with frequent changes of direction of athletes, which predisposes the lower limb to injuries mainly in the ankle joint²⁵. Following these lines, other authors²⁶ pointed out that the characteristics of Futsal require players to perform frequent episodes of high intensity activity with limited rest periods that are not enough for a full recovery.

The main objective of another study²⁷ was to analyse the incidence, characteristics and burden of injuries among women of the futsal sub-elite. Thus, the most common type of injury was muscle / tendon followed by joint (not bone) and ligament. The injuries with the highest injury load and that required the longest recovery time were those that occurred in the knee, followed by the quadriceps and hamstrings. On the other hand, in another study²⁴ a total of 90 injuries were recorded, with 60.6% of the players suffering some type of injury. For these authors²⁴, moderate or less severe injuries were the most frequent and they found that the majority of injuries occurred in the quadriceps and ankle. Following these contributions³ they observed a higher prevalence of injuries in the lower limbs, which are musculotendinous in the ankle and thigh. According to Oscar Ribas *et al.*²⁵ both proprioceptive training and muscle strengthening training obtained statistically significant results in the ankle joint, improving stability. For other authors²⁸ the injury rate in women who practice futsal was higher compared to men.

Most of the injuries had a non-contact mechanism (93%), with the lower extremity being the most frequently injured anatomical region²⁷. However, the results of another investigation³ indicated a prevalence of 2.16 injuries per game, with non-contact injuries being more frequent than injuries associated with contact with other players. Likewise, according to Lago *et al.*²⁴ contact injuries were more common during matches than in training sessions and generally occurred more frequently at the end of the season in elite women's futsal competitions. On the other hand, for Ruiz-Pérez *et al.*²⁷ the first weeks of competition after preseason and shortly after the Christmas holidays were the times when the most injuries occurred. Therefore, futsal is presented as a risky sport with a high frequency of injuries, so it is necessary to carry out studies that address the factors related to this occurrence in order to guide future studies aimed at preventing new injuries and its recurrences³. To reduce the overall injury burden, efforts should be directed to the design, implementation, and evaluation of preventive measures that address the most common diagnoses, namely, muscle/tendon and ligament injuries²⁷.

On the other hand, another research²⁹ examined the psychological impact after injury and for this they analysed the differences in levels of stress, anxiety and depression among players who they had suffered at least one injury during the season. The stress levels of uninjured players are higher than those of injured players. Compared with men, the uninjured female players presented higher anxiety values than those corresponding to the uninjured male players. Thus, sports injury affects mental health problems such as anxiety and stress, and differently in terms of gender²⁹. Following this line, Sepahvand *et al.*³⁰ indicated that stress negatively affects cognitive function in female futsal players,

however, the effect of acute mental stress is not well understood. The results of these authors³⁰ indicated that in women practicing futsal, the plasma cortisol concentration was much higher before the game, compared to its concentration after the game. It should also be noted that general health, sustained attention and response speed were higher after the match.

Other topics investigated on women and futsal

The results of Fiorante and Pellegrinoti³¹ showed that the dermatoglyphic profile of high-performance futsal athletes differs significantly from the profile of the non-athlete population. The results of Batalha *et al.*² showed that the equipment is eutrophic and, based on waist circumference, it is not at risk of cardiovascular disease. The percentage of fat is adequate and the athletes have good eating habits and showed the importance of adequate and balanced nutrition guidelines to improve the physical performance and health of the players². For Barbosa *et al.*³² most of the players of an elite women's futsal team ingest above or below the daily recommendations for these athletes. Data obtained by other authors²⁶ indicate that low-dose creatine supplementation for 7 days may be an effective approach to improve exercise capacity in women who practice futsal without an associated increase in body weight.

According to Aires Ferreira *et al.*³³, although the relative age revealed longer practice times that favour women born in the first quartile of the year, it did not influence the starter status, the distribution in the teams, or any advantage in the anthropometric profile. On the other hand, Costa *et al.*¹² indicated that female sports initiation tends to occur in informal spaces and evolves towards late formal education, and their experience in the modality is stimulated by family and friends. Following these lines, Bevilaqua Mascarin *et al.*⁷ indicated that the interviewed players had their first sporting experiences during childhood. Also, the beginning of systematic practice of specialization in futsal occurred later than in men due to the lack of competitions for women and the fact that futsal and other "kicking ball games" are considered more appropriate for men⁷. Likewise, the main difficulties cited by other authors¹ to work in women's futsal were the lack of financial support, sponsorships, grassroots teams, prejudices from families and the few existing competitions.

Conclusions

After the analysis of the 27 definitive articles for this systematic review of research on the presence of women in Futsal from 2015 to 2020, it is concluded that: Research focused on women in futsal is more developed and in-depth than that of years ago, both in quantity and quality. As for the topics that have shown the greatest focus of interest among researchers, they have been studies on the conditioning factors of training, competition and injuries. On the contrary, the lack of studies related to the psychosocial field linked to the branch of sport psychology has become evident, with little research related to the emotional and mental performance or mental fatigue of the players. There has also been a shortage of studies that address the training and detection of talent in high performance in women futsal.

Practical applications and future research

This research may be of interest to professionals in technical bodies, physicians, physiotherapists and psychologists. In a particular way, they are also relevant for all researchers who dedicate themselves to the study of futsal, since with this review they can learn first-hand about the topics most studied in recent years, and thus start new research projects or have clearer prospects and application needs of new research for the future.

The analysis of the different studies related to the presence of the figure of women in this sport helps to identify the diversity of lines of research related to the topic addressed and the degree of specificity thereof, giving the scientific community a global vision of the relevance and amount of research that has been published to date. For this reason, this review has the scientific evidence summarized in a global way, as well as a valuable compilation of the references available to the different professionals who study this field.

It is necessary to cover female futsal with a greater scientific contribution in all the topics investigated, given the great boom, extension and popularity that the figure of women has been acquiring within this sport in particular. With a view to future work carried out in futsal, it is advisable to provide studies related to the field of sports psychology, sociology and pedagogy, to learn more about the emotional, psychic and social relationship management demands that occur in futsal. They could contribute to the improvement of this sport and to greater sporting performance

Conflict of interest

The author do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- de Freitas Vargas L, Caputo EL, Silva MC. Caracterização do perfil dos treinadores de futsal feminino de equipes que disputam os jogos abertos de Pelotas. *Rev Bras Fut.* 2017;9:151-9.
- Batalha TB, Gottardo FM, Conde SR, Alves MK. Estado nutricional e perfil alimentar de uma equipe escolar de Futsal feminino no município de Caxias do Sul-RS. *Rev Bras Nutr Sport.* 2019;13:378-83.
- Martins de Souza Filho LF, Martins de Oliveira JC, Sperandio Barros G, Magnani RM, Silva Rebelo AC, Inumaru S. Prevalência e perfil de lesões esportivas em atletas de Futsal feminino nos jogos universitários brasileiros. *Rev Bras Fut.* 2018;10:729-35.
- Lago C, Jiménez A, Padrón A, Mecías M, Rey E. Perceptions of the technical staff of professional teams regarding injury prevention in Spanish national futsal leagues: a cross-sectional study. *PeerJ.* 2020;8:e8817.
- Sanmiguel-Rodríguez A, Arufe Giráldez V. Mujer, niños y variables psicosociales en el fútbol español. Una revisión bibliográfica de los años 2015-2019. *Movimento.* 2019; 25:25097.
- Tamashiro LI, Galatti LR. Preconceito no Futsal e Futebol feminino nas revistas brasileiras: uma revisão bibliográfica. *Rev Bras Fut.* 2018;10:795-99.
- Bevilaqua Mascarin R, Vicentini L, Rodrigues Marques RF. Brazilian women elite futsal players' career development: diversified experiences and late sport specialization. *Motriz.* 2019;25.
- Anas F. The Social Construction of Female Futsal Players in Surabaya. *Indon J Gen Wom Child Soc Inc Stud.* 2020;3:1-9.
- Barbero-Alvarez JC, Subiela JV, Granda-Vera J, Castagna C, Gómez M, Del Coso J. Aerobic fitness and performance in elite female futsal players. *Biol Sport.* 2015;32:339.
- Chernysheva EN, Primak IS, Smirnova SA, Pryanishnikova, OA. Innovative approach in modeling of motor training of women's futsal teams. *Theor Pract Phys Cult.* 2015;15.
- da Silva Caldas E, Barros da Silva DM, Galvão de Miranda BL, Veras da Silva EA, Araújo Souza D, Furtado Marques R, Lemos de Araújo M. Análise dos fundamentos técnicos defensivos durante competições de Futsal Feminino. *Rev Bras Fut.* 2019;11:324-27.
- Costa JE, Dias N, Oliveira EA, Aburachid LC, Grunennvaldt JT. A mulher em quadra: evidências contemporâneas do contato inicial com futsal. *Rev Bras Fut.* 2018;10:694-702.
- Vieira Menezes R, Guilherme Lopes A. Influência de um período de preparação física na capacidade de resistência aeróbia em universitárias praticantes de futsal. *Rev Bras Pres Fisiol Exer.* 2015;9:617-21.
- Ruppel da Rocha RE, Delia Venera G. Efecto de la periodización con cargas selectivas sobre la incidencia de lesiones en un equipo de futsal femenino durante temporada competitiva. *Rev Bras Fut.* 2015;7:128-38.
- Beato M, Coratella G, Schena F, Hulton AT. Evaluation of the external and internal workload in female futsal players. *Biol Sport.* 2017;34:227.
- Pascual Verdú N, Llorca Estruch V, Carbonell Martínez JA, Pérez Turpin JA. Análisis de la carga interna en los entrenamientos de fútbol sala femenino de 1ª división nacional. *Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad.* 2016;2:254-67.
- Clemente FM, Nikolaidis PT, Bezerra JP, Chen YS. Heart rate variations between training days and types of exercise in men and women futsal and soccer players. *Hum Movt.* 2018;19:1-7.
- Barth J, Ribeiro YS, Picanco LM, Del Vecchio FB. Comparison of psychophysiological responses in game simulation and different training sessions in female futsal athletes. *J Exerc Physiol Online.* 2016;19:10-7.
- Kassiano W, Jesus K, Assumpção C, Lamboglia C, Mendes A, Barbosa R, et al. Physiological and neuromuscular responses during the game in female futsal players. *J Physiol Edu.* 2019;30:e3061.
- Karavelioglu MB, Harmanci H, Kaya M, Erol M. Effects of plyometric training on anaerobic capacity and motor skills in female futsal players. *Anthropologist.* 2016;23:355-60.
- Teixeira AS, Arins FB, De Lucas RD, Carminatti LJ, Dittrich N, Nakamura FY, Guglielmo LGA. Comparative effects of two interval shuttle-run training modes on physiological and performance adaptations in female professional futsal players. *J Strength Cond Res.* 2019;33:1416-28.
- Galvão de Miranda BL, Barros da Silva DM, da Silva Caldas E, Rodrigues Pestana E, Lemos De Araújo M. Incidência local de finalizações e Gols efetivados em um campeonato de Futsal feminino. *Rev Bras Fut.* 2019;11:77-81.
- Clemente FM, Nikolaidis PT. Profile of 1-month training load in male and female football and futsal players. *SpringerPlus.* 2016;5:694.
- Lago C, Jiménez A, Padrón A, Mecías M, García F, Rey E. Epidemiology of injuries in elite female futsal players: a prospective cohort study. *Int J Sports Med.* 2020.
- Oscar Ribas L, Boeira Schedler F, Pacheco I, Moré Pacheco A. Propriocepção e reforço muscular na estabilidade do tornozelo em atletas de futsal feminino. *Rev Bras Med Esp.* 2017;23:412-7.
- Atakan MM, Karavelioğlu MB, Harmanci H, Cook M, Bulut S. Short term creatine loading without weight gain improves sprint, agility and leg strength performance in female futsal players. *Sci Sport.* 2019;34:321-7.
- Ruiz-Pérez I, López-Valenciano A, Jiménez-Loaisa A, Elvira JL, De Ste Croix M, Ayala F. Injury incidence, characteristics and burden among female sub-elite futsal players: a prospective study with three-year follow-up. *Peer J.* 2019;7: e7989
- Ahmad-Shushami AH, Abdul-Karim S. Incidence of football and futsal injuries among youth in Malaysian Games 2018. *Malays Orthop J.* 2020;14:28.
- Olmedilla A, Ortega E, Robles-Palazón FJ, Salom M, García-Mas A. Healthy practice of female soccer and futsal: identifying sources of stress, anxiety and depression. *Sustainability.* 2018;10:2268.
- Sepahvand H, Pirzad Jahromi G, Sahraei H, Mefthahi GH. Studying the Perceptive and Cognitive Function Under the Stress of Match in Female Futsal Players. *Asian J Sports Med.* 2017;8.
- Fiorante FB, Pellegrinoti IL. Efeitos de um programa periodizado de futsal na aptidão física de estudantes femininas de 13 e 14 anos de idade. *Rev Bras Fut.* 2018;10:285-93.
- Barbosa AK da S, Caldas E da S, da Silva DMB, Araújo ML, Navarro AC. Avaliação de hábitos alimentares de uma equipe de Futsal feminino. *Rev Bras Nutr Esp.* 2019;13:283-8.
- Aires Ferreira S, Amarante do Nascimento M, Cavazzotto TG, Reis Weber VM, Peikrisswili Tartaruga M, Queiroga MR. Relative age in female futsal athletes: implications on anthropometric profile and starter status. *Rev Bras Med Esp.* 2020;26:34-8.

Retorno al deporte, integrando el proceso desde la rehabilitación convencional a la readaptación deportiva: revisión narrativa

Pavel Loeza-Magaña¹, Héctor R. Quezada-González², Pedro I. Arias-Vázquez³

¹Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, ISSSTE, Cd. de México. ²Clinica SportHabilia, Cd. de México. ³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, México.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00049

Recibido: 30/05/2020
Aceptado: 20/04/2021

Resumen

Introducción: El proceso de retorno al deporte posterior a una lesión, ha sido abordado tradicionalmente en 2 etapas separadas: primero el atleta es tratado por el servicio médico mediante procesos de rehabilitación convencional y posteriormente es referido al equipo deportivo (entrenador y/o preparador físico) quienes completan el regreso a la actividad deportiva. Este abordaje puede carecer de comunicación y coordinación entre ambos equipos y tal vez es insuficiente para las demandas del entorno deportivo actual, originando procesos más largos de retorno al deporte y mayor riesgo de re-lesión. El objetivo de este manuscrito es documentar los modelos actuales de retorno al deporte, sus etapas, objetivos y contenidos.

Material y método: Se realizó una revisión exhaustiva de publicaciones que incluyó estudios observacionales, ensayos clínicos, revisiones, consensos, revisiones sistemáticas y meta análisis, relacionadas con el tratamiento, rehabilitación, readaptación y retorno a la actividad deportiva.

Resultados: Se encontró la descripción de un modelo de retorno a la actividad deportiva de progresión gradual que incluye 3 etapas: retorno a la participación, readaptación al deporte y retorno al máximo de rendimiento deportivo. La etapa de retorno a la participación tiene como objetivo eliminar la sintomatología y recobrar la funcionalidad del atleta en sus actividades no deportivas, mediante procesos de rehabilitación convencional. La etapa de readaptación al deporte tiene el objetivo de alcanzar la realización asintomática de las actividades de entrenamiento y competición, mediante la rehabilitación de las deficiencias originadas por la lesión y el mantenimiento y/o desarrollo de las capacidades motoras con entrenamiento modificado. La etapa de retorno al máximo rendimiento deportivo incluye el entrenamiento deportivo específico para alcanzar el nivel de rendimiento previo a la lesión.

Conclusiones: Este modelo, podría estar asociado a mayor éxito en el retorno a la actividad deportiva y menor riesgo de presentar reincidencia de la lesión.

Palabras clave:

Lesión. Deporte. Rehabilitación.
Retorno al juego.

Return to sport, integrating the process from conventional rehabilitation to sports readaptation: narrative review

Summary

Introduction: The process of return to sport after injury, has traditionally been approached in 2 separate stages; first the athlete is treated the medical service through conventional rehabilitation processes and is then referred to the sports team (coach and / or physical trainer) who complete the return to the sport activity. This approach may lack communication and coordination between both teams and may be insufficient for the demands of the current sports environment, causing longer processes of return to sport and greater risk of re-injury. The objective of this manuscript is to document the current models of return to sport, its stages, objectives and contents.

Material and method: A comprehensive review of publications was carried out, including observational studies, clinical trials, reviews, consensus, systematic reviews and meta-analysis, related to treatment, rehabilitation, readaptation and return to sport.

Results: The description of a model of return to sports of gradual progression that includes 3 stages was found: return to participation, readaptation to sport and return to maximum sports performance. The stage of return to participation aims to eliminate the symptoms and regain the functionality of the athlete in their non-sports activities, through conventional rehabilitation processes. The stage of readaptation to sport aims to achieve asymptomatic performance of training and competition activities, through the rehabilitation of deficiencies caused by the injury and the maintenance and / or development of motor skills with modified training. The stage of return to maximum sports performance includes specific sports training to reach the level of performance prior to the injury.

Conclusions: This model could be associated with greater success in returning to sports activity and lower risk of recurrence of the injury.

Key words:

Injury. Sport. Rehabilitation.
Return to play.

Correspondencia: Pedro Ivan Arias Vazquez

E-mail: pivanav@gmail.com

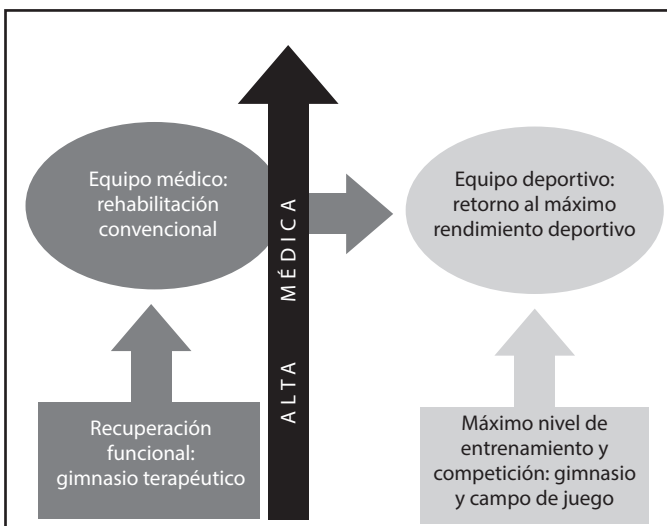
Introducción

La lesión en el deporte es definida como cualquier condición física o médica que ocurra durante la participación en un deporte o actividades de entrenamiento, que resulte en una incapacidad para participar en actividades competitivas o de entrenamiento, que requiere diagnóstico y tratamiento médico^{1,2}.

El proceso de retorno a la actividad deportiva tras una lesión, es conocido como proceso de *Retorno al Deporte o Retorno al Juego* (RTP por las siglas en inglés de *Return to Play*)³. Es un proceso complejo que debe tomar en cuenta las características biológico - estructurales de la lesión (tipo de tejido lesionado, grado de la lesión, tiempo de la lesión, signos y síntomas y características de la lesión reportadas en estudios de imagen), los antecedentes de lesiones previas y estado de salud del deportista, los déficits funcionales que la lesión genera (limitación de la movilidad, debilidad y desequilibrios musculares, alteraciones de la resistencia, déficit de balance, alteraciones en pruebas físico - funcionales), los factores relacionados al deporte en cuestión (nivel de participación previo a la lesión, categoría o nivel competitivo, tipo de deporte, posición o prueba en el deporte, etapa de la temporada) y los factores personales, psicosociales y ambientales relacionados (género, edad, raza, actividades extradeportivas, ocupación, características psicológicas, factores familiares y/o sociales, presiones externas, conflictos de intereses, etc.)³⁻⁵.

Los procesos de RTP se han realizado tradicionalmente en 2 etapas separadas: primero, a través de la intervención médica basada en los procesos de rehabilitación convencional, para posteriormente ser referido al equipo deportivo (entrenador y/o preparador físico) quienes completan el proceso de retorno al máximo rendimiento deportivo⁶ (Figura 1). Sin embargo, este abordaje se realizaba con pobre comunicación y coordinación entre ambos equipos, por lo que en muchas ocasiones resultaba insuficiente para las demandas del entorno deportivo actual, ya que implicaba procesos más largos de RTP, con alto riesgo de re-lesión e incapacidad para retornar a nivel de rendimiento previo al nivel de lesión⁶.

Figura 1. Modelo antiguo de RTP.



Por lo tanto, el objetivo de esta revisión, fue documentar los modelos que actualmente se proponen para llevar a cabo los procesos de RTP, señalar las etapas en las que se divide este proceso y describir los objetivos y contenidos de cada una de ellas.

Material y método

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura publicada hasta 30 de marzo del 2021, utilizando las bases de datos PubMed, PeDro, Dialnet, y Google Scholar. Se incluyeron estudios observacionales, ensayos clínicos, revisiones de literatura, consensos, revisiones sistemáticas y meta-análisis que incluyeran información sobre estrategias e intervenciones actualmente utilizadas en el tratamiento, rehabilitación y readaptación de lesiones deportivas, publicados en inglés o español. La estrategia de búsqueda de los manuscritos incluidos se realizó en 2 fases: primero se recuperaron documentos utilizando los siguientes términos de búsqueda: "retorno al juego" o "rehabilitación deportiva" o "readaptación deportiva" y "lesión deportiva" para identificar aquellos manuscritos que en su contenido documentaran el proceso de RTP y definieran las etapas de dicho proceso. En la segunda fase se realizó una búsqueda directa sobre los tópicos mencionados en los manuscritos previamente identificados, incluyendo el análisis de la bibliografía referenciada en ellos, con la intención sustentar la información sobre los objetivos y contenidos de cada una de las etapas del RTP.

Resultados

Modelos integrados de RTP

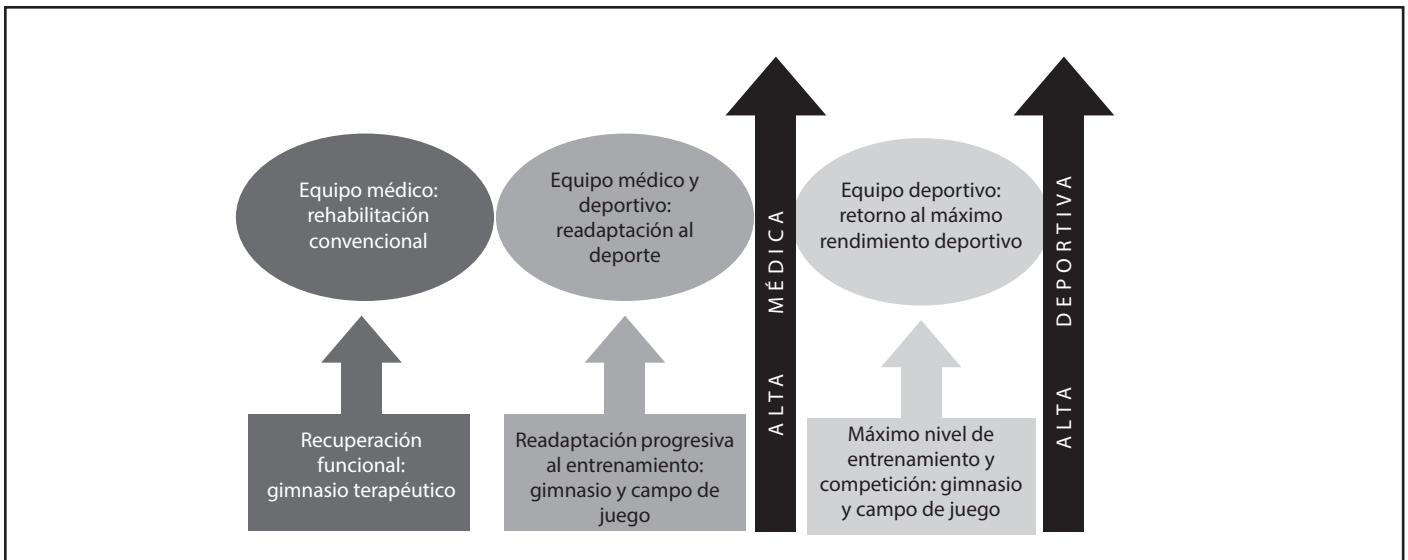
Las necesidades y demandas del entorno deportivo actual, implican la necesidad de tener protocolos de RTP más eficientes y efectivos. Buckthorpe *et al.*⁶ remarcan la necesidad de incluir un "etapa de transición" que establezca un puente entre la rehabilitación clínica convencional y el entrenamiento deportivo, que debe ser una aproximación multidisciplinaria, enfatizando la participación del equipo médico con formación especializada. Ardern *et al.*⁴ han propuesto un modelo de RTP que contempla 3 etapas que forman un continuo terapéutico de progresión gradual: Retorno a la participación, Retorno al deporte y Retorno al máximo rendimiento deportivo. La etapa de Retorno al deporte, también se ha denominado etapa de Rehabilitación en campo⁶ o Etapa de readaptación deportiva⁷. En la Figura 2 se esquematiza el modelo actual de RTP.

Etapa de retorno a la participación

Dentro del modelo de RTP propuesto por Ardern *et al.*⁴, la primera etapa es la de *retorno a la participación*; esta etapa por lo regular es coordinada por el equipo médico y está orientada a establecer un diagnóstico y pronóstico de la lesión e iniciar lo antes posible el tratamiento y rehabilitación de la misma.

En esta etapa el atleta lesionado participa en el proceso de rehabilitación clínica convencional y además participa en entrenamiento modificado o con restricciones, los contenidos se enfocan en recuperar el nivel de funcionalidad para realizar sus actividades de la vida diaria

Figura 2. Modelo actual de RTP.



sin síntomas y a mantener en lo posible el nivel de condición física sin riesgo de una lesión mayor^{4,6}.

El abordaje a esta primera etapa procura la resolución de procesos biológicos asociados a la lesión, que incluyen mecanismos inflamatorios y de reparación tisular. De tal forma que esta etapa se regirá por necesidades biológicas y funcionales antes que por tiempos específicos⁸. En esta primera etapa deben asegurar los siguientes objetivos:

- Eliminar o disminuir el dolor, inflamación, efusión o edema⁹.
- Prevenir el desarrollo de mayor daño⁹.
- Limitar los efectos deletéreos del desuso o reposo prolongado⁹.

Dichos objetivos se cumplen mediante la aplicación de algunas estrategias. La protección y el descanso después la lesión tienen por objetivo evitar la sobrecarga mecánica del tejido que pudiese agravar la lesión^{8,9}. La prescripción de fármacos anti inflamatorios no esteroideos (AINE) es de uso frecuente durante esta fase para el control del dolor y/o la modulación del proceso inflamatorio, sin embargo, su uso es controversial en fases crónicas de la lesión o uso prolongado en lesiones musculares¹⁰. El uso de diversos medios físicos¹¹⁻¹⁵ también es una estrategia de tratamiento habitual en esta fase. De igual forma, los tratamientos intervencionistas mediante infiltración de sustancias como Plasma Rico en Plaquetas, Ácido Hialurónico y Dextrosa Hipertónica son cada vez más frecuentes en el tratamiento de lesiones deportivas^{16,17}, reportando efectos favorables en la resolución de lesiones musculares¹⁸ y tendinopatías crónicas¹⁹⁻²¹ y representan una alternativa a la infiltración con corticosteroides que aún es controversial para el tratamiento de algunas lesiones por los efectos deletéreos que puede generar en los tejidos^{17,22}.

Los programas de kinesioterapia basados en movilización temprana y fortalecimiento isométrico son parte fundamental de esta etapa²³. La aplicación de una carga óptima a la región afectada limita los efectos indeseables del desuso y busca un efecto positivo en la cicatrización y reorganización del tejido lesionado^{9,23}. El fortalecimiento isométrico²⁴ y electro estimulación neuro – muscular^{25,26}, son intervenciones terapéu-

ticas eficaces para evitar la inhibición muscular artrogénica, la atrofia muscular y mantener el nivel de fuerza tras lesiones deportivas²⁴⁻²⁶, siendo factible realizarlas desde etapas tempranas de la lesión.

Por otra parte, desde esta etapa se deberá establecer de una carga óptima de entrenamiento modificada o adaptada que aborde las estructuras corporales no lesionadas y sea capaz de evitar el desacondicionamiento físico sin generar mayor daño en el tejido lesionado; para ello se pueden utilizar estrategias como el uso de hidroterapia para favorecer la realización de actividades en descarga del peso corporal²⁷, fortalecimiento de los músculos no involucrados en la zona anatómica lesionada⁹ y el entrenamiento cruzado que se define como la utilización de una actividad o gesto motor que implique menos carga para la zona lesionada y pueda mantener el rendimiento físico^{28,29}.

Algunos criterios de evolución clínica – funcional, que debe alcanzar el atleta para avanzar a la siguiente etapa, pueden ser los siguientes:

- Adecuado nivel en el proceso de reparación, remodelación y maduración del tejido lesionado, sin datos de lesión en estudios de imagen³⁰⁻³².
- Exploración Física asintomática: Palpación localizada sin dolor o dolor muy leve (<3 en la Escala Visual Análoga), arcos de movilidad completos y sin dolor, pruebas clínicas negativas y buena estabilidad articular^{30,31}.
- Fuerza muscular simétrica y sin dolor. Se ha recomendado que, al concluir esta etapa, debe haber una diferencia de fuerza menor al 20% entre la extremidad lesionada y la no lesionada^{30,33}, lo cual se puede determinar con dinamometría isométrica manual que ha sido validada para la evaluación de la musculatura de los miembros inferiores, siendo una evaluación simple y de bajo riesgo, que permite determinar objetivamente el nivel de fuerza³⁴. También se propuso alcanzar un nivel de fuerza mínimo que permita movilizar una carga equivalente al 50% del peso corporal de forma correcta y asintomática en el ejercicio de prensa de pierna unilateral³³.

- Marcha con patrones normales y asintomáticos; los patrones de marcha anormales se han asociado con debilidad muscular, disminución del rendimiento funcional y pueden exacerbarse cuando el paciente vuelve a correr, por lo que restablecer la marcha normal de manera temprana y segura es esencial antes de comenzar el proceso de readaptación³³. Se ha sugerido que el atleta lesionado debería poder caminar rápidamente durante 10 minutos con un patrón mecánico normal y sin dolor, antes de iniciar la etapa de readaptación³⁰.
- Ejecución asintomática y correcta de la sentadilla bipodal, ya que este ejercicio representa un patrón motor básico para el desarrollo de otras tareas motoras y es muy recomendable su restauración desde etapas tempranas³³. Algunas pruebas, como la sentadilla por encima de la cabeza, han sido validadas y son útiles para identificar patrones de movimiento anormales que predisponen a una lesión / re-lesión³⁵.

Etapa de retorno al deporte / readaptación deportiva

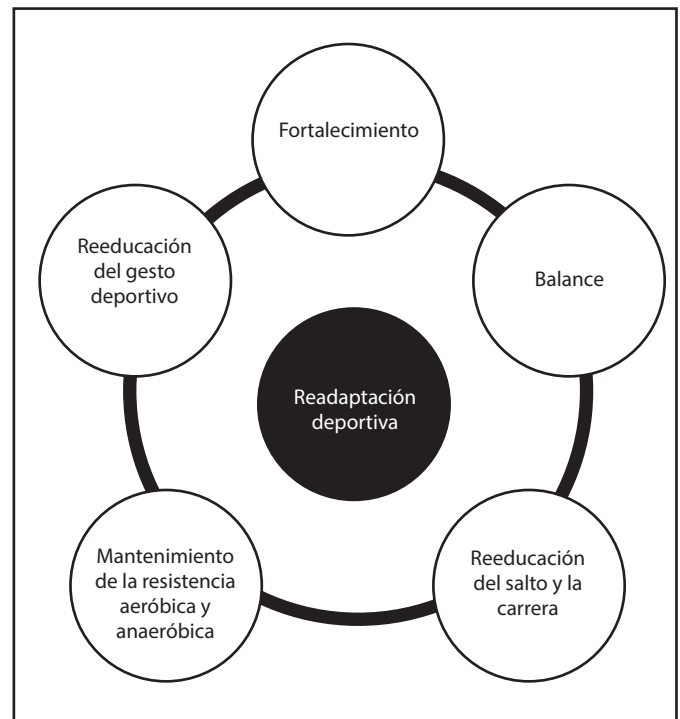
La etapa de retorno al deporte o readaptación deportiva, representa un periodo de transición entre el retorno a la participación y el retorno al máximo rendimiento deportivo. Esta fase no se lleva a cabo en los cubículos de terapia física y/o en el gimnasio terapéutico donde habitualmente se realiza la rehabilitación convencional, sino que debe llevarse a cabo en el "gimnasio de acondicionamiento físico" y en el "campo de juego"⁶. Debe incluir los procesos de readaptación al entrenamiento y a la competición, por lo cual, el "trabajo de campo" es parte fundamental, ya que aquí el atleta inicia con actividades mixtas (de rehabilitación y de entrenamiento modificado), enfocándose a dar progresión hacia la realización asintomática de las actividades que conforman el entrenamiento cotidiano y la actividad deportiva específica del atleta^{6,30}. Las sesiones en el "campo de juego" se alternan con sesiones en el "gimnasio de acondicionamiento físico" donde se entrena la fuerza, estabilidad, flexibilidad y resistencia de forma específica acorde a los déficits del atleta y tipo de lesión³⁰. Es importante remarcar que en esta etapa aún es necesaria la participación y supervisión del médico que coordina el proceso de rehabilitación, el cual otorgará el alta médica al finalizar la etapa⁶.

La etapa de readaptación deportiva incluye la rehabilitación de las deficiencias que son producto de la lesión, así como el mantenimiento y/o desarrollo de las capacidades motoras mediante el entrenamiento físico modificado que involucre principalmente las zonas no lesionadas^{9,30}. Los niveles de intervención y progresión deben guiarse por la evolución clínico-funcional hasta que la lesión del atleta sea completamente asintomática y no tenga restricciones de entrenamiento³⁰. Los elementos que pueden ser parte de esta etapa se muestran en la Figura 3.

Readaptación de la fuerza muscular

La fuerza muscular representa una de las principales capacidades motoras a desarrollar y homogenizar con miras al retorno tras una lesión en el deporte^{30,36}. Se ha reportado que la fatiga muscular, la alteración en los tiempos de activación muscular, los desequilibrios musculares entre extremidad dominante y no dominante, las alteraciones en la rigidez muscular y los déficits de fuerza lumboabdominal, son factores neuromusculares que pueden predisponer a lesiones³⁷. En la fase de

Figura 3. Componentes de la etapa de readaptación deportiva.



readaptación, el nivel de fuerza de los músculos relacionados con la estructura lesionada debe ser evaluado de forma objetiva, para lo cual se puede utilizar la dinamometría manual isométrica^{34,38}, isocinética en cadena cinética abierta^{39,40} o en cadena cinética cerrada⁴¹ o incluso en ejercicios con pesos libres como la prensa de pierna unilateral, la extensión de pierna o la flexión de pierna unilateral^{33,42}. Estas pruebas nos permitan analizar el nivel de fuerza en relación a algún valor de referencia preestablecido⁴², comparar los músculos de la extremidad lesionada contra la no lesionada^{42,43} o evaluar el índice agonista: antagonista⁴⁴. Se ha propuesto que en evaluaciones isocinéticas, el deportista debe alcanzar al final de la etapa de Readaptación, una diferencia menor al 10 - 15% al comparar la fuerza muscular de la extremidad lesionada contra la extremidad no lesionada⁴³. Cuando no se tiene acceso a la evaluación isocinética, quizá se pueda considerar la prueba de prensa de pierna unilateral, como prueba funcional para valorar los niveles de fuerza muscular en la extremidad lesionada³³. En la comparación entre músculos agonistas y antagonistas, la relación de fuerza varía según el grupo muscular involucrado y el régimen de contracción en el que se llevó a cabo la evaluación, por ejemplo, en evaluaciones isocinéticas en cadena cinética abierta, se ha sugerido que la relación entre isquiosurales (concéntrica): cuádriceps (concéntrica) y la relación isquiosurales (excéntrica): cuádriceps (concéntrica) debe ser mayor a 0,6 y 1,0, respectivamente⁴⁴.

En la etapa de readaptación el programa de fortalecimiento dinámico progresa desde un rango articular parcial hasta el rango articular total, según la fase y el nivel de estrés mecánico al cual se somete la estructura lesionada durante el movimiento articular²³. Si bien en el entrenamiento deportivo se propone el uso de la repetición máxima como criterio de progresión en la intensidad de la carga, en la etapa de

readaptación este criterio puede no aplicarse de manera similar, ya que el tejido lesionado todavía está en proceso de reparación - regeneración o remodelación⁴⁵, por lo que la intensidad de la carga debe estar guiada por la respuesta sintomática³⁰ y otras variables como la percepción del esfuerzo⁴⁵. Se ha recomendado que en la etapa de readaptación los efectos del programa de fortalecimiento quizá deban ser enfocados a la mejora de la resistencia y el trofismo muscular⁴⁵, para lo cual se puede utilizar la escala OMNI RES de Robertson que evalúa el esfuerzo muscular percibido al final de la serie y sugiere utilizar cargas que permitan realizar series de 12 a 20 repeticiones para mejorar la resistencia muscular y series de 8 a 12 repeticiones para mejorar el trofismo y la fuerza muscular, con un esfuerzo percibido superior a 6 para garantizar adaptaciones musculares⁴⁶; Esta estrategia permite un equilibrio entre seguridad y eficacia en el programa, para lograr los mejores beneficios sin efectos indeseables. Cuando la estructura lesionada se encuentra en fases avanzadas de remodelación o maduración, las cargas de fortalecimiento quizá puedan guiarse con la repetición máxima convencional.

Readaptación del balance

El balance se define con la capacidad de mantener el centro de gravedad dentro de la base de sustentación sin pérdida del equilibrio⁴⁷. Los programas de entrenamiento neuromuscular multi-intervención que incluyeron balance, fortalecimiento lumboabdominal, fortalecimiento de extremidades, saltos, etc., pueden reducir el riesgo de lesiones y mejorar la funcionalidad posterior a lesiones de rodilla y tobillo^{48,49}. Es importante iniciar con la evaluación del balance y el control postural dinámico, para lo cual se han validado y utilizado diversos test como el test de Balance en Y⁵⁰, Test de Balance en estrella⁵⁰ y el test de sentadilla unipodal^{51,52}. La sentadilla unipodal es una acción motora que representa la base de muchos gestos deportivos y su realización requiere equilibrio, control neuromuscular y fuerza necesaria para soportar y mover todo el peso corporal³³. La realización asintomática y cualitativamente correcta de esta prueba es necesaria para la progresión del proceso de readaptación³³. El entrenamiento del balance se puede iniciar en cuanto el atleta sea capaz de realizar apoyo unipodal a carga completa y sin dolor sobre la extremidad lesionada. Se ha propuesto que se inicie con el entrenamiento del balance estático, con progresión de apoyo bipodal a unipodal, de trabajos con información visual a la supresión de la misma, de superficies estables a superficies inclinadas o inestables, buscando aproximarse a posturas similares al gesto deportivo y/o que reten los mecanismos de lesión^{53,54}. Posteriormente, el atleta debe progresar a actividades que desafíen el balance dinámico, iniciando con actividades a baja velocidad - baja carga y progresando a actividades de alta velocidad - alta carga^{53,54}.

Readaptación del salto y el gesto pliométrico

El salto es un gesto mecánico de alta velocidad y alto impacto, que representa un componente fundamental de las actividades deportivas de alta intensidad como correr, frenar, cambiar de dirección, por lo que debe ser readaptado antes de iniciar el entrenamiento de alta intensidad y la actividad competitiva^{33,55}. El salto puede dividirse en 2 fases: una fase de "impulso" en donde los músculos actúan de forma concéntrica

generando la fuerza necesaria para el despegue y una fase de "aterizaje" en donde los músculos actúan de forma excéntrica generando la fuerza necesaria para la amortiguación, la unión de estas fases a través de un corto periodo de tiempo, integran un gesto pliométrico⁵⁶. La evaluación de este gesto es fundamental en la etapa de Readaptación y para ello se han utilizado diversos test como el "Hop Jump test"⁵⁷, "Vertical Single Jump test"⁵⁸, "Drop Jump test"⁵⁰, "Drop Single Jump test"⁵⁹ y "Tuck Jump test"⁵⁰, que han sido validados y utilizados en la prevención de lesiones y el retorno al deporte.

Para iniciar el proceso de readaptación del salto bipodal, se han propuesto los siguientes criterios: ausencia de dolor, inflamación y edema⁵⁶, arcos de movilidad completos y sin dolor⁵⁶, fuerza muscular simétrica y sin dolor con diferencia interlado menor al 20%^{33,56}, realización de la sentadilla unipodal cualitativamente correcta y asintomática^{33,56} y capacidad para realizar una repetición de prensa de pierna unipodal con una carga equivalente al 100% del peso corporal de forma asintomática³³. Adicionalmente, en el caso de la readaptación del salto unipodal se ha sugerido que el atleta previamente pueda realizar una repetición de prensa de pierna unipodal con una carga equivalente al 150% del peso corporal de forma asintomática³³.

Se ha sugerido, que la progresión en el proceso de readaptación inicie con ejercicios de baja intensidad como "saltos hacia el cajón" en donde se enfatiza la fase de impulso y se minimiza la fase de aterizaje, para posteriormente progresar a ejercicios de mayor intensidad como "saltos desde el cajón" en donde se enfatiza la fase de aterizaje³³; Van Lieshout *et al.*⁶⁰ determinaron que los ejercicios como "saltos hacia la caja" y "saltos desde la caja" generan menos carga articular en cadera, la rodilla y el tobillo que otros tipos de ejercicios como el salto en contra-movimiento, salto vertical con flexión de rodillas y salto vertical con caída previa. Una vez readaptadas las fases de impulso y aterizaje, se sugiere iniciar la readaptación del gesto pliométrico con ejercicios como el "salto caja a caja"³³. Este proceso debe realizarse inicialmente para saltos bipodales y posteriormente para saltos unipodales³³ y progresar de saltos únicos a saltos sucesivos^{55,56}. Se ha propuesto que al final de la etapa de readaptación, el atleta debe ser capaz de alcanzar un rendimiento superior al 90% con la extremidad lesionada (en comparación con la no lesionada) en pruebas funcionales de salto como el salto unipodal horizontal o vertical y/o en pruebas de saltos sucesivos como el salto triple, donde además el gesto debe ser asintomático y cualitativamente correcto^{57,61}.

Readaptación del gesto motor de la carrera

La carrera es el gesto de desplazamiento más frecuentemente utilizado en el deporte y biomecánicamente se considera una sucesión de saltos⁶². La readaptación de la carrera es un paso fundamental para continuar con el resto del proceso de readaptación³³ y por lo general tiene lugar en el "campo de juego"⁶, aunque en etapas iniciales puede realizarse igual en caminadora³³. Algunos criterios sugeridos para el inicio del proceso de readaptación de la carrera de baja intensidad son: ausencia de dolor, inflamación y edema⁶³, arcos de movilidad completos y sin dolor⁶³, fuerza muscular del cuádriceps con diferencia interlado menor al 20%⁶³, realización de la sentadilla unipodal cualitativamente correcta y asintomática³³, capacidad de realizar 10 minutos de caminata

rápida de forma asintomática y cualitativamente correcta^{30,33,63} y capacidad para realizar una repetición en prensa de pierna unipodal con una carga equivalente al 125% del peso corporal de forma asintomática³³. Se ha recomendado iniciar la readaptación de la carrera con velocidades de alrededor de los 8 km/h³³ y dar progresión mediante el incremento en el volumen de carrera hasta alcanzar 20 minutos sin exacerbación sintomatológica⁴³, a partir de allí se incrementará progresivamente la velocidad de carrera, guiando la progresión acorde a la respuesta clínica³⁰.

La readaptación de la carrera de alta velocidad (>25 Km/h)⁴² seguirá un proceso diferente. Dado que la carrera de alta velocidad es considerada una sucesión de saltos⁶², es necesario haber completado la readaptación del gesto pliométrico unipodal antes de iniciar la readaptación de la carrera de alta velocidad (rendimiento superior al 85% con la extremidad lesionada en comparación con la no lesionada en el salto unipodal horizontal)⁶³, además de haber alcanzado una diferencia interlado menor al 10% en la fuerza muscular del cuádriceps³³ y realizar una repetición en prensa de pierna unipodal con una carga equivalente al 150% del peso corporal de forma asintomática³³. El proceso de readaptación quizá pueda iniciarse con la realización de ejercicios de técnica de carrera realizados con alta frecuencia de movimiento en tramos de 20-40 metros, simulando una carrera de alta velocidad pero con menor longitud de zancada, lo que implica menor sollicitación muscular y menor carga articular⁶⁴; cuando estos se realizan de forma asintomática, se puede comenzar la carrera lineal de alta velocidad, igualmente tramos cortos de alrededor de 20-40 metros, en donde se avanzará mediante el incremento progresivo de la velocidad guiada por la sintomatología del paciente^{30,43}, hasta alcanzar la máxima velocidad de carrera de forma asintomática.

Una vez readaptada la máxima velocidad de carrera lineal, se iniciará el trabajo de agilidad, la cual se define como la capacidad para realizar acciones de desaceleración, aceleración y cambios de dirección a la mayor velocidad posible y con la menor pérdida de intensidad⁶⁵ y representa uno de los elementos finales del proceso de readaptación³³. Los ejercicios de agilidad requieren altos niveles de fuerza, control neuromuscular y capacidad reactiva, por lo cual han sugerido algunos criterios para el inicio del proceso de readaptación de la agilidad: fuerza muscular del cuádriceps con diferencia interlado menor al 10%³³, capacidad para realizar una repetición en prensa de pierna unipodal con una carga equivalente al 200% del peso corporal de forma asintomática³³ y haber readaptado el gesto pliométrico. Se pueden incluir ejercicios como la "escalera de agilidad", "cariocas", correr hacia atrás y a los lados, aceleraciones - desaceleraciones, giros, cambio de dirección, etc.^{43,66}, con aumento gradual de la velocidad y control sintomático. La progresión puede evaluarse con pruebas de agilidad que incluyan movimientos similares a los utilizados en el deporte en cuestión, como los test "Edgren Side Step Test", "T-Test" e "Illinois Agility Test"⁶⁵. Estas pruebas a menudo representan un criterio para iniciar con actividades de entrenamiento y competición específicas del deporte^{33,67}.

Mantenimiento de la condición física

El mantenimiento de la condición física debe ser un componente prioritario de los procesos de rehabilitación y readaptación deportiva. El mantenimiento de la resistencia aeróbica debe realizarse en todas las

etapas del proceso, para lo cual se ha utilizado el entrenamiento cruzado (28,29). En lesiones de la extremidad inferior, actividades como "carrera en agua profunda"²⁷ y/o ergómetro de brazos⁶⁸ pueden utilizarse desde etapas muy tempranas cuando la estructura lesionada requiera ser descargada totalmente. Acorde al tipo de lesión o en caso que no se requiera la descarga total de la estructura lesionada, otras actividades como la bicicleta ergométrica o la elíptica también son eficaces para mantener e incluso mejorar la capacidad aeróbica en deportistas lesionados^{28,29}. Por otra parte, las estructuras no lesionadas deben ser entrenadas de forma habitual para mantener o incluso mejorar los niveles de fuerza muscular, de forma independiente al trabajo de fortalecimiento terapéutico de la estructura lesionada^{9,45}. Quizá sea posible que la resistencia anaeróbica también pueda ser entrenada mediante el entrenamiento cruzado, para lo cual se podrían utilizar los mismos ergómetros, siempre y cuando la estructura anatómica lesionada, el tipo de lesión y el tiempo de evolución de la misma lo permitan.

Readaptación del gesto deportivo

La readaptación del gesto motor específico del deporte y de sus aspectos técnicos deben introducirse desde los inicios de la etapa de readaptación. Se deben iniciar a baja velocidad y enfatizando la ejecución correcta, pues van a favorecer la adquisición y consolidación los patrones correctos de movimiento, preparando adecuadamente al deportista para las fases posteriores, en las cuales los movimientos se realizarán a mayor velocidad, incluyendo movimientos complejos, multidireccionales y de carácter reactivo, que incluyan implementos deportivos, desafíos relacionados al contexto deportivo y la participación de adversarios^{30,33}.

Duración y criterios de la etapa de readaptación

La duración de esta etapa dependerá del tipo de lesión y el contexto específico de la misma.

La progresión y seguridad del programa deberían estar basados en datos clínicos a vigilarse estrechamente a lo largo del mismo, considerándose datos de sobrecarga del tejido en reparación la aparición de dolor, edema o inflamación³⁰. Algunos criterios a tomarse en cuenta para concluir esta fase e iniciar la fase de retorno al máximo rendimiento deportivo son los siguientes:

- Proceso de curación del tejido lesionado concluido, con ausencia de signos y síntomas al realizar las actividades propias de esta etapa.
- Fuerza muscular simétrica en músculos de la extremidad inferior, con diferencia interlado menor al 10% al comparar la extremidad lesionada contra la no lesionada^{33,61} y equilibrio muscular agonista: antagonista reestablecido⁴³. Capacidad para realizar una repetición en prensa de pierna unipodal con una carga equivalente al 200% del peso corporal de forma asintomática³³.
- Gesto pliométrico cualitativamente correcto y con rendimiento en pruebas funcionales de salto del 90% al comparar la extremidad lesionada contra la no lesionada^{57,61}.
- Poder realizar carrera lineal y multidireccional a máxima velocidad de forma asintomática³⁰ y test de agilidad asintomáticos y con buena calidad^{33,67}.
- Ejecución técnica correcta y asintomática del gesto deportivo^{30,33}.

Etapas de retorno a la máxima competición

Inicia tras haber concluido satisfactoriamente las etapas de retorno a la participación y retorno al deporte (readaptación). En este momento del proceso, el atleta ya ha superado la lesión y se le ha otorgado el "alta médica", sin embargo, no tiene los niveles de preparación física, técnica y táctica que le permitan desempeñarse en el máximo nivel de rendimiento deportivo^{4,6} y garanticen su adecuado retorno con menor riesgo de re-lesión⁶, por lo que aún no cuenta con el "alta deportiva".

Los objetivos de esta etapa serán:

- Alcanzar los niveles de preparación física, técnica y táctica que le permitan desempeñarse en el máximo nivel de rendimiento deportivo^{4,6}.
- Disminuir el riesgo de re-lesión, el cual estará incrementado *per se*^{4,31}.

Para ello, el componente principal de esta etapa serán los programas entrenamiento deportivo, los cuales deberán ser desarrollados y supervisados por el equipo deportivo (entrenador/preparador físico) que actuarán en el campo de juego y en el gimnasio de acondicionamiento físico^{6,7}. Sin embargo, el equipo médico continúa participando con foco en la disminución del riesgo de re-lesión, además de participar activamente en el control médico del entrenamiento deportivo^{6,9}.

En esta etapa el atleta participa sin restricción en todas las actividades que implique su entrenamiento deportivo habitual, acorde a la metodología planteada por el entrenador^{6,7}. Además, puede participar en actividades precompetitivas, juegos competitivos de baja exigencia o de corta duración, progresando hasta alcanzar o superar el nivel de rendimiento deportivo que tenía antes del nivel de lesión, momento en el cual se otorga el "alta deportiva" y se da por concluido el proceso de RTP⁶.

Conclusiones

El retorno al deporte, debe ser un proceso de progresión gradual, el cual debe ser abordado por un equipo multidisciplinario que involucre diversos profesionales con formación y experiencia en la atención de lesiones deportivas. Debe contemplar todos los aspectos (biológico – estructurales, funcionales, deportivos, personales, psicosociales y ambientales) que pueden influir en el retorno al deporte. Un modelo de 3 etapas, que incluya el retorno a la participación, la readaptación al deporte y retorno al máximo de rendimiento deportivo, puede ser una propuesta factible, que podría estar asociado a mayor éxito en el retorno a la actividad deportiva, menor riesgo de lesiones y mayor posibilidad de alcanzar el nivel de rendimiento que se tenía antes de la lesión.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Hodgson L, Gissane C, Gabbett TJ, King DA. For Debate: Consensus injury definitions in team sports should focus on encompassing all injuries. *Clin J Sport Med*. 2007;17:188–91.
2. Timpka T, Jacobsson J, Bickenbach J, Finch CF, Ekberg J, Nordenfelt L. What is a sports injury? *Sports Med*. 2014;44:423-8.

3. Dijkstra HP, Pollock N, Chakraverty R, Ardern CL. Return to play in elite sport: a shared decision-making process. *Br J Sports Med*. 2017;51:419–20.
4. Ardern CL, Glasgow P, Schneiders A, Witvrouw E, Clarsen B, Cools A, et al. 2016 Consensus statement on return to sport from the first world congress in sports physical therapy, Bern. *Br J Sports Med*. 2016;50:853-64.
5. Ardern CL, Bizzini M, Bahr R. It is time for consensus on return to play after injury: five key questions. *Br J Sports Med*. 2015;50:506-8.
6. Buckthorpe M, Frizziero A, Roi GS. Update on functional recovery process for the injured athlete: return to sport continuum redefined. *Br J Sports Med*. 2019;53:265-7.
7. Rojas-Valverde D, Gutiérrez-Vargas JC, Sánchez-Ureña B. Sport Readaptation: Where do we draw the lines between professionals?. *Front Sports Act Living*. 2019;1:1-5.
8. Bleakley CM, Glasgow P, MacAuley DC. PRICE needs updating, should we call the POLICE? *Br J Sports Med*. 2012;46:220-1.
9. Dhillon H, Dhillon S, Dhillon MS. Current concepts in sports injury rehabilitation. *Indian J Orthop*. 2017;51:529-36.
10. Paoloni J A, Milne C, Orchard J, Hamilton B. Non-steroidal anti-inflammatory drugs in sports medicine: guidelines for practical but sensible use. *Br J Sports Med*. 2009;43:863–5.
11. Yu H, Randhawa K, Côté P, Optima Collaboration. The effectiveness of physical agents for lower-limb soft tissue injuries: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016;46:523-54.
12. Malanga GA, Yan N, Stark J. Mechanisms and efficacy of heat and cold therapies for musculoskeletal injury. *Postgrad Med*. 2015;127:57-65.
13. Clijsen R, Brunner A, Barbero M, Clarys P, Taeymans J. Effects of low-level laser therapy on pain in patients with musculoskeletal disorders: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53:603-10
14. Liao CD, Xie GM, Tsauo JY, Chen HC, Liou TH. Efficacy of extracorporeal shock wave therapy for knee tendinopathies and other soft tissue disorders: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19:278.
15. Lou S, Lv H, Li Z, Zhang L, Tang P. The effects of low-intensity pulsed ultrasound on fresh fracture: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96:e8181.
16. Olafsen NP, Herring SA. Pain management in sport: therapeutic injections. *Handb Clin Neurol*. 2018;158:431-42.
17. del Valle - Soto M, Jiménez-Díaz F, Manonelles-Marqueta P, Ramírez-Parenteau C, Rodríguez-Vicente JM, Serratos-Fernández L. Consenso sobre utilización de las infiltraciones en el deporte. documento de consenso de la sociedad española de medicina del deporte. *Arch Med Deporte*. 2016;33:114-25.
18. Sheth U, Dwyer T, Smith I, Wasserstein D, Theodoropoulos J, Takhar S, et al. Does platelet-rich plasma lead to earlier return to sport when compared with conservative treatment in acute muscle injuries? a systematic review and meta-analysis. *Arthroscopy*. 2018;34:281-8.
19. Chen X, Jones IA, Park C, Vangsness CT Jr. The efficacy of platelet-rich plasma on tendon and ligament healing: a systematic review and meta-analysis with bias assessment. *Am J Sports Med*. 2018;46:2020-32.
20. Neph A, Onishi K, Wang J. Myths and facts of in-office regenerative procedures for tendinopathy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2019;98: 500–11.
21. Sanderson LM, Bryant A. Effectiveness and safety of prolotherapy injections for management of lower limb tendinopathy and fasciopathy: a systematic review. *J Foot Ankle Res*. 2015;8:57.
22. Olafsen NP, Herring SA, Orchard JW. Injectable corticosteroids in sport. *Clin J Sport Med*. 2018;28:451-6.
23. Caparrós T, Pujol M, Salas C. General guidelines in the rehabilitation process for return to training after a sports injury. *Apunts Med Esport*. 2017;52:167-72.
24. Oranchuk DJ, Storey AG, Nelson AR, Cronin JB. isometric training and long-term adaptations: effects of muscle length, intensity, and intent: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports*. 2019;29:484-503.
25. Maffiuletti NA, Gondin J, Place N, Stevens-Lapsley J, Vivodtzev I, Minetto MA. Clinical use of neuromuscular electrical stimulation for neuromuscular rehabilitation: what are we overlooking? *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99:806-12.
26. Hauger AV, Reiman MP, Bjordal JM, Sheets C, Ledbetter L, Goode AP. Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26:399-410.
27. Buckthorpe M, Pirotti E, Villa FD. Benefits and use of aquatic therapy during rehabilitation after ACL reconstruction -a clinical commentary. *Int J Sports Phys Ther*. 2019;14:978-93.
28. Paquette MR, Peel SA, Smith RE, Temme M, Dwyer JN. The impact of different cross-training modalities on performance and injury-related variables in high school cross country runners. *J Strength Cond Res*. 2018;32:1745-53.
29. Baker BD, Lapiere SS, Tanaka H. Role of cross-training in orthopaedic injuries and healthcare burden in masters swimmers. *Int J Sports Med*. 2019;40:52-6.

30. Roi GS. Return to competition following athletic injury: Sports rehabilitation as a whole. *Apunts Med Esport*. 2010;45:181–4.
31. Creighton DW, Shrier I, Shultz R, Meeuwisse WH, Matheson GO. Return-to-play in sport: a decision-based model. *Clin J Sport Med*. 2010;20:379–85.
32. Bisciotti GN, Volpi P, Alberti G, Aprato A, Artina M, Auci A. Italian consensus statement (2020) on return to play after lower limb muscle injury in football (soccer). *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5:e000505.
33. Buckthorpe M, Tamisari A, Villa FD. A ten task-based progression in rehabilitation after ACL reconstruction: from post-surgery to return to play - a clinical commentary. *Int J Sports Phys Ther*. 2020;15:611–23.
34. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua YH, Williams GP, et al. Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: a reliability and validity study. *PLoS One*. 2015;10:e0140822.
35. Post EG, Olson M, Trigsted S, Hetzel S, Bell DR. The reliability and discriminative ability of the overhead squat test for observational screening of medial knee displacement. *J Sport Rehabil*. 2017;26. doi: 10.1123/jsr.2015-0178.
36. Czuppon S, Racette BA, Klein SE, Harris-Hayes M. Variables associated with return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2014;48:356–64.
37. Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodríguez D. Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Med Esport*. 2013;48:109–20.
38. Almeida GPL, Albano TR, Melo AKP. Hand-held dynamometer identifies asymmetries in torque of the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27:2494–501.
39. Cvjetkovic DD, Bijeljic S, Palija S, Talic G, Radulovic TN, Kosanovic MG, et al. Isokinetic testing in evaluation rehabilitation outcome after ACL reconstruction. *Med Arch*. 2015;69:21–3.
40. Liporaci RF, Saad M, Grossi DB, Riberto M. Clinical features and isokinetic parameters in assessing injury risk in elite football players. *Int J Sports Med*. 2019;40:903–8.
41. Dvir Z, Müller S. Multiple-joint isokinetic dynamometry: a critical review. *J Strength Cond Res*. 2020;34:587–601.
42. Clark NC, Reilly LJ, Davies SC. Intra-rater reliability, measurement precision, and inter-test correlations of 1RM single-leg leg-press, knee-flexion, and knee-extension in uninjured adult agility-sport athletes: Considerations for right and left unilateral measurements in knee injury control. *Phys Ther Sport*. 2019;40:128–36.
43. Scalfani MP, Davis CC. Return to play progression for rugby following injury to the lower extremity: a clinical commentary and review of the literature. *Int J Sports Phys Ther*. 2016;11:302–20.
44. Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A. Cut-offs of isokinetic strength ratio and hamstring strain prediction in professional soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 2018;28:276–81.
45. Reiman MP, Lorenz DS. Integration of strength and conditioning principles into a rehabilitation program. *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6:241–53.
46. Helms ER, Cronin J, Storey A, Zourdos MC. Application of the repetitions in reserve-based rating of perceived exertion scale for resistance training. *Strength Cond J*. 2016;38:42–9.
47. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med*. 2011;41:221–32.
48. Dargo L, Robinson KJ, Games KE. prevention of knee and anterior cruciate ligament injuries through the use of neuromuscular and proprioceptive training: an evidence-based review. *J Athl Train*. 2017;52:1171–2.
49. De Vasconcelos GS, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Effects of proprioceptive training on the incidence of ankle sprain in athletes: systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2018;32:1581–90.
50. Chimera NJ, Warren M. Use of clinical movement screening tests to predict injury in sport. *World J Orthop*. 2016;7:202–17.
51. Hall MP, Paik RS, Ware AJ, Mohr KJ, Limpisvasti O. Neuromuscular evaluation with single-leg squat test at 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop J Sports Med*. 2015;3:2325967115575900.
52. Ressman J, Grooten WJA, Rasmussen Barr E. Visual assessment of movement quality in the single leg squat test: a review and meta-analysis of inter-rater and intra-rater reliability. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5:e000541.
53. Muehlbauer T, Roth R, Bopp M, Granacher U. An exercise sequence for progression in balance training. *J Strength Cond Res*. 2012;26:568–74.
54. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Dose-response relationships of balance training in healthy young adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45:557–76.
55. Chmielewski TL, Myer GD, Kauffman D, Tillman SM. Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36:308–19.
56. Davies G, Riemann BL, Manske R. Current concepts of plyometric exercise. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10:760–86.
57. Peebles AT, Renner KE, Miller TK, Moskal JT, Queen RM. Associations between Distance and Loading Symmetry during Return to Sport Hop Testing. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51:624–9.
58. Lee DW, Yang SJ, Cho SI, Lee JH, Kim JG. Single-leg vertical jump test as a functional test after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee*. 2018;25:1016–26.
59. Franz DP, Huurnink A, Kingma I, de Boode VA, Heyligers IC, Van Dieën JH. Performance on a single-legged drop-jump landing test is related to increased risk of lateral ankle sprains among male elite soccer players: a 3-year prospective cohort study. *Am J Sports Med*. 2018;46:3454–62.
60. Van Lieshout KG, Anderson JG, Shelburne KB, Davidson BS. Intensity rankings of plyometric exercises using joint power absorption. *Clin Biomech*. 2014;29:918–22.
61. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19:1798–805.
62. Nicola TL, Jewison DJ. The anatomy and biomechanics of running. *Clin Sports Med*. 2012;31:187–201.
63. Rambaud AJM, Ardern CL, Thoreux P, Regnaud JP, Edouard P. Criteria for return to running after anterior cruciate ligament reconstruction: a scoping review. *Br J Sports Med*. 2018;52:1437–44.
64. Askling CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med*. 2014;48:532–9.
65. Raya MA, Gailley RS, Gaunaud IA, Jayne DM, Campbell SM, Gagne E, et al. Comparison of three agility tests with male servicemembers: edgren side step test, t-test, and illinois agility test. *J Rehabil Res Dev*. 2013;50:951–60.
66. Holmberg PM. Agility Training for Experienced Athletes: A Dynamical Systems Approach. *Strength and Conditioning Journal*. 2015;37:93–8.
67. Clover J, Wall J. Return-to-play criteria following sports injury. *Clin Sports Med*. 2010;29:169–75.
68. Hettinga FJ, Hoogwerf M, Van der Woude LHV. Handcycling: training effects of a specific dose of upper body endurance training in females. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116:1387–94.
69. Dijkstra HP, Pollock N, Chakraverty R, Alonso JM. Managing the health of the elite athlete: a new integrated performance health management and coaching model. *Br J Sports Med*. 2014;48:523–31.

Impact of airflow on body cooling in exercise: an exploratory study

Pedro H. Nogueira¹, Alisson G. da Silva^{1,2}, Samuel A. Oliveira¹, Manuel Sillero-Quintana³, João C. Marins¹

¹Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Educação Física. Viçosa. Minas Gerais. Brasil. ²Escola Preparatória de Cadetes do Ar. Barbacena. Minas Gerais. Brasil. ³Universidad Politécnica de Madrid. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF). Madrid. España.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00050

Recibido: 11/09/2020
Aceptado: 20/04/2021

Summary

Objective: To analyze the body heat dissipation by thermography during indoor running treadmill with different airflow conditions.

Materials and method: Nine male participants (23.0±2.5 years old) underwent three 45-minute moderate-intensity running sessions (60-70% reserve heart rate) on a treadmill. At each session, a different experimental condition was applied in a crossover design: without airflow (NF), and with low (LF) and high airflow (HF) generated by a fan. Thermograms were obtained with a thermal camera before exercise, during (every 10 minutes), and after exercise. Skin temperature (Tsk) was measured on regions of interest of the upper body: pectoral, brachial biceps, and upper back. A repeated measures ANOVA was used to compare Tsk over time and between conditions, considering $p < 0.05$ as statistically significant.

Results: In pectoral and brachial biceps, LF and HF conditions provided greater reductions in Tsk at all moments when compared to the NF ($p < 0.05$). There was a higher reduction in Tsk to the HF vs LF in biceps at 30, 40, and 45 min during exercise ($p < 0.05$). In the upper back, Tsk remained below baseline at all moments during exercise only in the HF condition ($p < 0.05$). In NF and LF conditions, Tsk returned to baseline at 30 min during exercise ($p > 0.05$).

Conclusion: The frontal wind flow enhances body heat dissipation during moderate-intensity running in the pectoral, brachial biceps, and upper back, with a direct relationship of flow speed and Tsk reduction during exercise.

Key words:

Thermography. Convection. Exercise. Body temperature regulation.

Impacto del flujo de aire en el enfriamiento del cuerpo en el ejercicio: un estudio exploratorio

Resumen

Objetivo: Analizar la disipación del calor corporal mediante termografía en ejercicio de carrera en tapiz con diferentes condiciones de flujo de aire.

Material y método: Nueve hombres (23,0±2,5 años) se sometieron a tres sesiones de 45 minutos de carrera de intensidad moderada (60-70% frecuencia cardíaca de reserva) en tapiz, bajo tres condiciones diferentes en un diseño cruzado: sin flujo de aire (NF) y con flujo de aire bajo (LF) y alto (HF) generado por un ventilador. Los termogramas se obtuvieron con una cámara térmica antes del ejercicio, durante y después del ejercicio, midiéndose la temperatura de la piel (Tp) en las regiones de interés del pectorales, bíceps braquiales y parte superior de la espalda. Se utilizó un ANOVA de medidas repetidas para comparar Tp en función del tiempo y entre condiciones, considerando $p < 0,05$ como estadísticamente significativo.

Resultados: En los pectorales y bíceps braquiales, las condiciones LF y HF redujeron en todo momento la Tp comparadas con NF ($p < 0,05$). La reducción de Tp fue mayor con HF que con LF en bíceps a los 30, 40 y 45 min ($p < 0,05$). En la espalda superior, la Tp se mantuvo siempre por debajo de la línea base durante el ejercicio solo en la condición HF ($p < 0,05$). En condiciones de NF y LF la Tp volvió a valores de referencia a los 30 min de ejercicio ($p > 0,05$).

Conclusiones: El flujo de viento frontal mejora la disipación del calor corporal en pectorales, bíceps braquiales y parte superior de la espalda durante la carrera de intensidad moderada, con una relación directa de la velocidad del flujo y la reducción de la Tp durante el ejercicio.

Palabras clave:

Termografía. Convección. Ejercicio. Regulación de la temperatura corporal.

Correspondencia: Alisson G. da Silva
E-mail: alissongs@gmail.com

Introduction

Physical exercise is characterized by high levels of internal heat metabolic production due to muscular metabolism, which must be dissipated from the body surface to the environment to prevent dangerous elevations in internal temperature. Heat dissipation occurs through the physical processes of conduction, convection, radiation, and evaporation¹. When body temperature is controlled by evaporation of sweat, caution is needed to avoid a high degree of dehydration. This condition may impair performance and health. In extreme conditions, dehydration can lead to death².

Since the airflow removes heat from the body surface, the presence of wind during exercise may assist convective heat loss³, reducing the risk of dehydration. Several studies have searched for the effects of cooling before and during exercise by using cold necklaces⁴, cold vests⁵, and head ventilators with or without water misting⁶. Stevens and collaborators⁷ reported that cooling during exercise (mid-cooling) appears largely irrelevant to core temperature reduction but may be of greater relevance in the behavior of the cardiovascular and central nervous system and some psychophysiological factors, mainly in hot environments.

Moreover, the effect of airflow at different temperatures on the face has been a quite important topic in the literature for many years. Effects of face cooling have been reported on metabolism⁸, heart rate (HR)⁹, rate of perceived exertion (RPE)¹⁰, and energy expenditure¹¹; however, there is a lack of studies searching on the effect of whole-body cooling by an airflow generated with a fan. Infrared thermography (IRT) is a non-invasive tool to measure the body surface radiation temperature in real time¹². Although several studies have used IRT for monitoring thermoregulatory adjustments on the body surface during different types of exercise¹³⁻¹⁷, the impact of wind on the cooling capacity of the skin has not yet been studied by IRT.

The practice of indoor physical activity on a treadmill promotes a greater difficulty of convective heat loss when compared to outdoor running. Thus, the use of a fan can facilitate heat exchange through convection. Observing the skin temperature (Tsk) response during exercise with and without airflow can help to understand the importance of convection on thermoregulation. Moreover, this study can assist in the layout of spaces or in planning ventilation strategies to improve thermoregulation during exercise. Therefore, this study analyzed the body heat dissipation by thermography during indoor running treadmill with different airflow conditions.

Material and method

Participants

This study included nine healthy and physically active men, used to train on a treadmill (age 23.0 ± 2.5 years old, VO_{2max} 49.4 ± 4.3 ml (kg. min)⁻¹, height 174.1 ± 3.2 cm, body mass 70.6 ± 4.6 kg, body fat $11.1 \pm 4.7\%$). All participants presented negative responses to all questions from the PAR-Q¹⁸ and below-average coronary risk¹⁹. Several influencing factors in Tsk²⁰ were considered as exclusion criteria: smoking, muscu-

loskeletal injuries, burns on the skin; pain symptoms; fever in the last week; treatments using creams, ointments or lotions; consumption of antipyretics and/or diuretics, or any food supplement. This study was assessed by the Local Committee of Ethics in Research and conducted following ethical principles of the Declaration of Helsinki and Resolution 466/2012 of the National Health Council. Participants provided written informed consent to participate in the study.

Experimental design

In this crossover study, participants underwent three equal moderate-intensity indoor running sessions, with 2 to 7 interval days between them. In each session, a different frontal wind speed was randomly applied via fan: low flow (LF: - 1.8 m/s), high flow (HF: - 3.0 m/s), and a control condition without airflow (NF: - 0 m/s). To analyze the impact of airflow on body heat dissipation, the upper-body Tsk was measured from thermograms taken before, during, and after exercise.

Procedures

To mitigate circadian variations²¹, each participant was evaluated on the same time day. On the first day, all subjects underwent a maximal treadmill test using the Bruce protocol²² to obtain both the predicted- VO_{2max} and maximum HR (Polar®, F1+). At least two days after the test, the participants returned to the laboratory to establish the running speed of the exercise protocol for the following training HR zones: 40-50%, 50-60%, and 60-70% of reserve HR. Exercise intensity was determined according to Karvonen equation, which considers a percentage of the reserve HR to calculate exercise intensity: $[(HR_{TRAINING} = HR_{MAXIMUM} - HR_{RESTING}) \times \% \text{ of intensity} + (HR_{RESTING})]$ ²³. The maximum HR obtained in the Bruce test was used in the Karvonen equation, along with the resting HR determined after 5 minutes of lying rest (Polar®, F1+).

On the third, fourth and fifth days of collection, the running session lasting 45 minutes was applied on a treadmill (Embree®, 565 TX-1), divided as follows: 10 minutes of warm-up (5 minutes: 40-50% of $HR_{RESERVE}$ at 6.6 ± 0.6 km/h, and 5 minutes: 50-60% of $HR_{RESERVE}$ at 7.2 ± 0.8 km/h), a main part of 30 minutes (60-70% of $HR_{RESERVE}$ at 8.0 ± 1.0 km/h), 5 minutes of active recovery (walking at <50% of $HR_{RESERVE}$) and 5 minutes of passive recovery (standing on the treadmill). The distance covered during both the warm-up and the main part of the exercise was 571.3 ± 62.6 m and 4000 ± 519.6 m, respectively. HR was recorded every 2 minutes, and RPE was reported every 10 minutes on the Borg 6-20 scale²⁴. To produce the wind, a 3-propeller fan (Arno®, Versatile) was positioned on the floor, one meter from the volunteer, and in front of the treadmill. The airflow was positioned from bottom to top towards the anterior upper body. The fan was turned off after completion of the exercise. Wind speed was monitored with a digital anemometer (Instrutherm, AD-250). Fan position is presented in Figure 1.

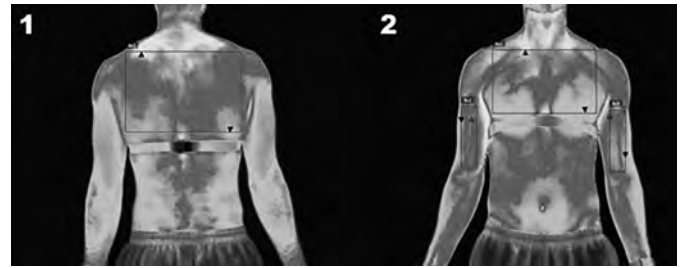
In each session, 3 ml of water per kilogram of body mass was administered every 15 minutes of exercise as a hydration protocol²⁵. Participants were weighed at the beginning and immediately after sessions to assess hydration status².

The Thermographic Imaging of Sport and Exercise Medicine consensus statement was followed²⁶. The temperature and humidity of

Figure 1. Fan position.



Figure 2. Delimitation of the upper dorsal (1), pectoralis, and biceps brachii (2) ROI.



biceps, and upper dorsal were measured using anatomical points as reference: a) pectoral - the line of the nipple and the upper border of the sternum; b) biceps - the cubital fossa and the axillary line; c) upper dorsal - acromial edge of scapula and 1 cm above the lower scapula angle. The HR belt was out of all selected ROIs. Emissivity was set at 0.98. Figure 2 shows the demarcation of ROIs.

Table 1. Rate of perceived exertion during each experimental condition.

	Condition	Exercise protocol			
		Warm-up		Main part	
Rate of perceived exertion (6-20)		10 min	20 min	30 min	40 min
Windless		10.4 ± 1.6	12.3 ± 1.7	12.7 ± 2.1	13.3 ± 1.5
Low flow		10.3 ± 1.4	11.8 ± 1.8	12.5 ± 2.0	12.9 ± 2.3
High flow		10.8 ± 1.2	12.4 ± 2.1	13.5 ± 2.3	13.7 ± 2.3

the room were stable between conditions [NF (21.22 ± 1.15 °C, 61.33 ± 3.95 %), LF (21.17 ± 1.32 °C, 62.22 ± 4.15 %), HF (20.90 ± 1.55 °C, 60.00 ± 4.27 %)]. Environmental conditions were monitored using a portable weather station (Instrutherm®, THAL-300), which was positioned 1.8m from the floor. An acclimation of 10 minutes was performed²⁷. At that time, subjects only wore shoes and shorts running, and the heart monitor; they were asked to remain upright on the treadmill, not to do sudden movements, and not to rub with their hands any part of the body. Thermograms (anterior and posterior upper body) were obtained before exercise; at 10, 20, 30, 40 min during exercise; and after 5 min of active recovery and 5 min after completion of the protocol (passive recovery). For all images, participants positioned himself in a demarcated location on the treadmill (see supplementary material).

To record thermograms, a FLIR® T420 imager was used with 2% accuracy, sensitivity ≤0.05 °C, at 7.5-13 μm infrared spectral band, 60 Hz refresh rate, autofocus, and 320 x 240 pixels. The camera was turned on 15 min before the measures to allow for sensor stabilization. It was positioned on a tripod behind the treadmill, 2 meters away from the volunteer (see supplementary material), perpendicular to the regions of interest (ROIs) (1.5 to 1.6 m away from the floor ranging in accordance with the participants' height). Thermograms were analyzed using FLIR® Tools software, version 6.4, where the Tsk on ROIs of the pectoral, brachial

Statistical analysis

The average Tsk obtained from each ROI was considered for the statistical analysis. For the arms, the arithmetic mean between the right and left side was calculated as the final value for the data analysis. The normal distribution of the data was verified by the Shapiro-Wilk test. Therefore, all data are reported as means and standard deviations. To compare the RPE among the different experimental conditions, one-way ANOVA was used. A repeated-measures ANOVA was performed to analyze Tsk changes over time and to compare the Tsk intra-moment among the different conditions. When significant F values were found, Bonferroni's post hoc test was used to determine the level of significance. Sphericity was assessed by Mauchly test, and once violated, the Greenhouse-Geisser adjustment was used. The partial eta square (η^2) was used as a measure of effect size and classified as weak (<0.1), modest (0.1-0.29), moderate (0.3-0.5), or strong (>0.5). Statistical significance was considered at $p < 0.05$. All calculations were performed in SPSS, version 25.

Results

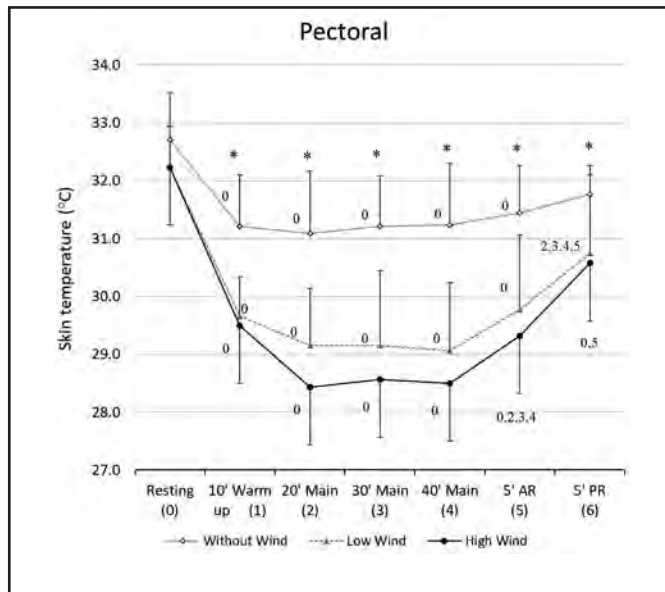
The participants' hydration status was maintained after each exercise session. Body mass changes were minimal after NF (Δ : 0.11%), LF (Δ : 0.05%), and HF (Δ : 0.16%) sessions. Regarding RPE, there was no significant difference between groups when each time point was compared (10 min, $p=0.787$; 20 min, $p=0.728$; 30 min, $p=0.563$; 40 min, $p=0.711$). Table 1 shows the rating of perceived exertion for the different protocols.

When comparing resting Tsk among the conditions, there was no significant difference: pectoral ($p=0.158$), upper dorsal ($p=0.137$), or biceps brachial ($p=0.056$). Next, the Tsk response of each ROI is presented.

Pectoral

Figure 3 shows the pectoral Tsk response to the experimental protocols.

Figure 3. Tsk behavior (°C) in the pectoral region.



* Significant differences between groups comparing windless condition with both windy conditions. "no.": significant differences in relation to the corresponding moment condition (see code in the X axis).

Significant differences were found in pectoral Tsk when each moment was compared between conditions ($p < 0.001$). In all moments, both wind speeds provided greater reductions in Tsk versus NF condition [during exercise and after active recovery ($p \leq 0.001$); after passive recovery (LF vs NF, $p = 0.043$; HF vs NF $p = 0.001$)].

There were Tsk changes over time in the NF exercise [$F = 12.389$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.608$]. Tsk decreased after 10 min of exercise ($p = 0.001$) and was sustained below baseline throughout the session ($p \leq 0.01$) and after 5 min of active recovery ($p = 0.015$). After 5 min of passive recovery, Tsk returned to baseline ($p = 0.078$).

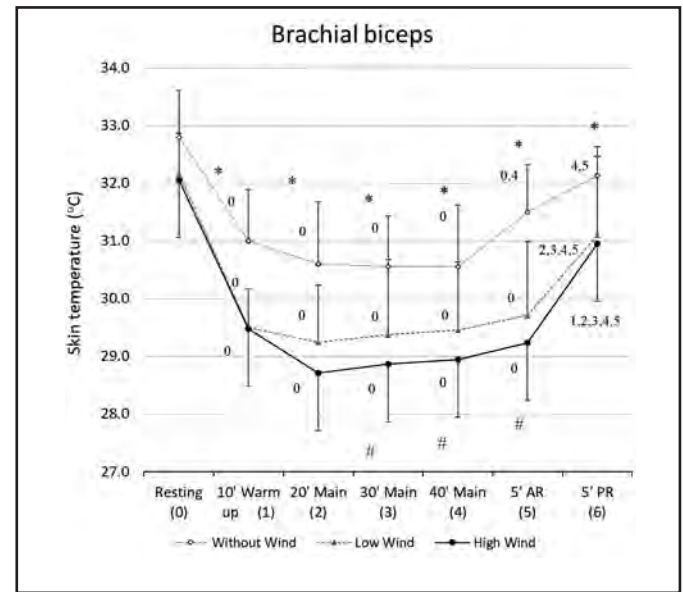
In the LF condition, Tsk changed over time [$F = 26.708$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.770$]. Tsk decreased after 10 min of exercise ($p < 0.001$) and was kept below baseline throughout the session ($p \leq 0.01$) and after 5 min of active recovery ($p = 0.015$). However, after 5 min of passive recovery, Tsk returned to baseline ($p = 0.188$). Moreover, Tsk increased after 5 min of passive recovery when compared to 20, 30, 40 min, and after active recovery ($p \leq 0.01$).

In the HF session, there were significant Tsk changes over time [$F = 47.980$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.857$]. Tsk decreased after 10 min of exercise ($p < 0.001$) and was kept below baseline throughout the session ($p < 0.001$), after 5 min of active recovery ($p = 0.001$) and after 5 min of passive recovery ($p = 0.007$). However, after 5 min of active recovery, Tsk increased when compared to after 20, 30, and 40 min of exercise ($p < 0.05$). Furthermore, Tsk increased after 5 min of passive recovery compared to 20, 30, 40 min of exercise, and 5 min of active recovery ($p < 0.001$).

Brachial biceps

Figure 4 shows the biceps Tsk response to the experimental protocols.

Figure 4. Tsk behavior (°C) in the biceps region.



* Significant difference between groups in the comparison between the without wind condition (NF) vs little airflow (LF) and high flow (HF). # significant difference between groups when comparing low wind vs high wind conditions. "no.": significant differences in relation to the corresponding moment condition (see code in the X axis).

Significant differences were found in biceps Tsk when each moment was compared between conditions ($p \leq 0.001$). In all moments, both wind speeds provided greater reductions in Tsk versus NF condition ($p \leq 0.01$). Moreover, the HF versus LF condition provided a greater reduction in Tsk after 30, 40, and 5 min of active recovery ($p < 0.05$).

There were Tsk changes over time in the NF exercise [$F = 54.555$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.872$]. Tsk decreased after 10 min of exercise ($p < 0.001$) and was sustained below baseline throughout the session ($p \leq 0.001$). However, after 5 min of passive recovery, Tsk returned to rest ($p = 0.186$). Moreover, Tsk increased after 5 min of active recovery ($p = 0.001$) and after passive recovery ($p < 0.001$) when compared to the time of completion of the main part of the exercise (40 min). Finally, Tsk increased after 5 min of passive recovery versus after active recovery ($p = 0.001$).

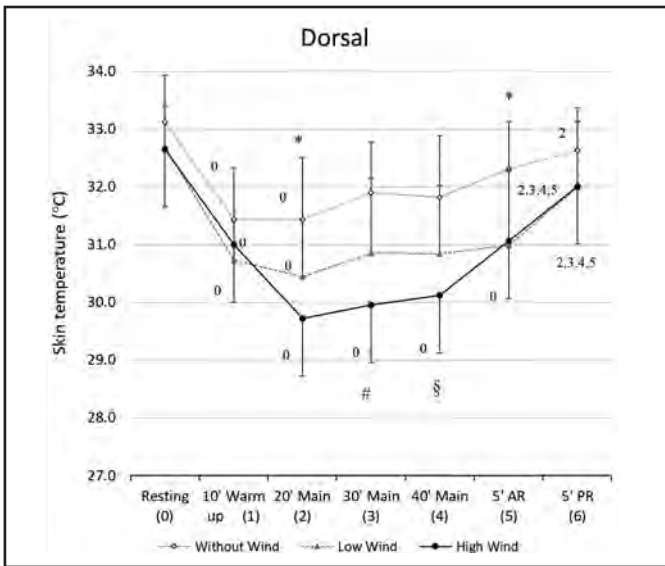
In the LF session, Tsk changed over time [$F = 27.943$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.777$]. Tsk decreased after 10 min ($p < 0.001$) of exercise and was kept below baseline throughout the main part of the session ($p \leq 0.01$) and after active recovery ($p = 0.034$). However, after 5 min of passive recovery, Tsk returned to rest ($p = 1.0$). Furthermore, Tsk increased after passive recovery when compared to after 20 ($p = 0.022$), 30, 40 min, and active recovery ($p < 0.001$).

In the HF session, there were significant Tsk changes across time [$F = 54.484$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.872$]. Tsk decreased with 10 min of exercise ($p = 0.001$) and was kept below baseline throughout the session ($p < 0.001$) and after passive recovery ($p = 0.018$). However, after passive recovery, Tsk increased when compared to the 10 ($p = 0.018$), 20 ($p = 0.027$), and other moments throughout the exercise ($p < 0.001$).

Upper dorsal

Figure 5 shows the dorsal Tsk response to the experimental protocols.

Figure 5. Skin temperature behavior (°C) in the dorsal region.



* Significant difference between groups in the comparison between the condition without wind vs little wind and a lot of wind. # Significant difference between groups when comparing the very wind vs no wind and little wind conditions. \$ Significant difference between groups when comparing windless vs very windy conditions. "no": significant differences in relation to the corresponding moment condition (see code in the X axis).

Significant differences were found in dorsal Tsk when the time points (20, 30, 40 min, and active recovery) were compared between conditions ($p \leq 0.001$). Both wind speeds provided greater reductions in Tsk when compared to the NF condition at 20 min and after active recovery ($p \leq 0.01$). Moreover, the HF condition provided a greater reduction in Tsk at 30 min versus LF ($p = 0.043$) and NF ($p < 0.001$) conditions and at 40 min versus NF condition ($p < 0.001$).

There were Tsk changes over time in the NF exercise [$F = 8.787$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.523$]. Tsk decreased after 10 ($p = 0.003$) and 20 min

($p = 0.038$) of exercise compared to baseline. However, Tsk returned to baseline after 30 min of exercise ($p = 0.081$) and stabilized until the end of exercise ($p > 0.05$). Furthermore, Tsk after passive recovery was higher than 20 min of exercise ($p = 0.049$).

In the LF session, Tsk changed over time [$F = 8.271$; $p = 0.007$, $\eta^2 = 0.508$]. Tsk decreased after 10 ($p = 0.004$) and 20 min ($p = 0.023$) of exercise versus baseline. However, Tsk returned to baseline after 30 min of exercise ($p = 0.325$). Moreover, Tsk after passive recovery was higher than after 20, 30, 40 min, and 5 min of active recovery ($p < 0.05$).

Finally, in exercise session HF, Tsk changed over time [$F = 40.406$; $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.835$]. Tsk decreased after 10 min of exercise ($p = 0.008$) and was kept below baseline throughout the running session ($p \leq 0.001$) and after active recovery ($p = 0.004$). However, after passive recovery, Tsk returned to baseline ($p = 0.706$). Additionally, Tsk after passive recovery was higher compared to all moments during and after exercise ($p \leq 0.001$).

Exercise-induced Tsk reduction with and without wind

Table 2 shows the average Tsk reduction in each experimental condition.

Distribution of Tsk under experimental conditions

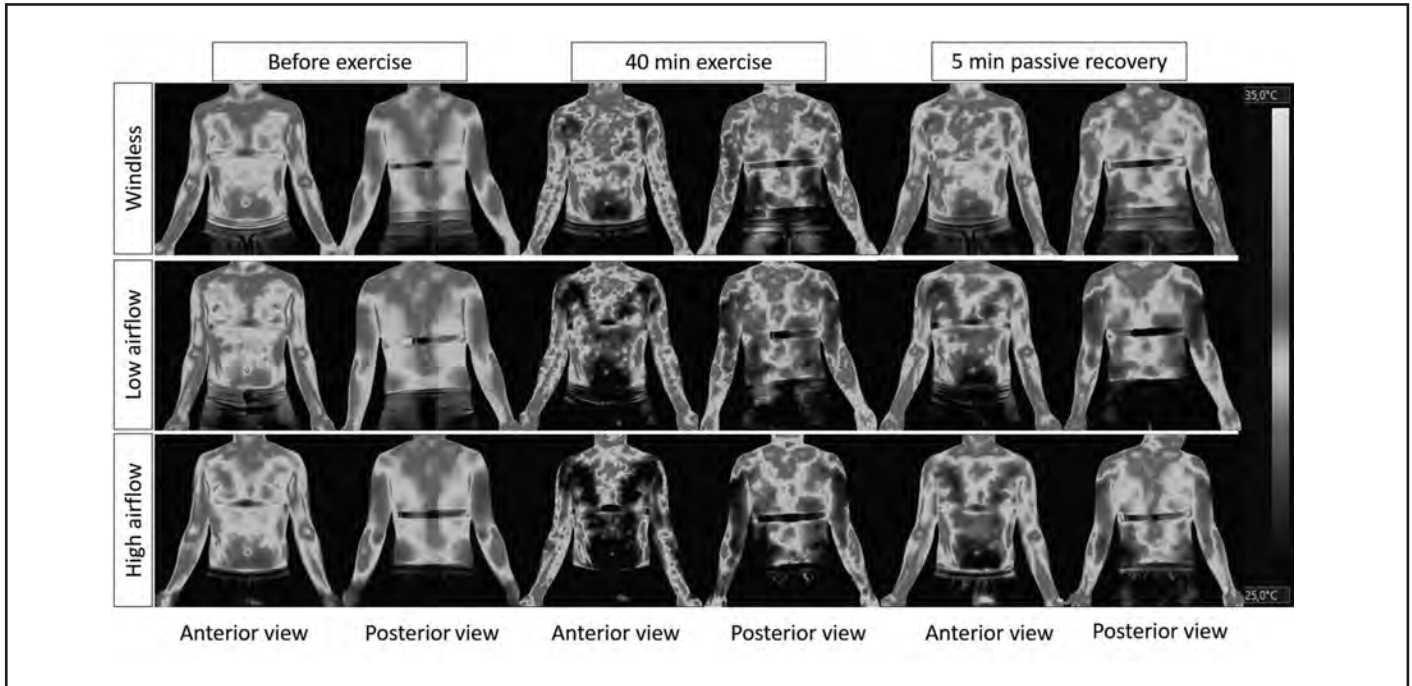
From a qualitative perspective, Figure 6 shows the Tsk distribution on the body surface for one participant before exercise, after 40 min of exercise, and after 5 minutes of passive recovery, in each experimental condition. It is possible to highlight the similarity between the pre-exercise thermograms, as well as the clear Tsk reduction, especially in the anterior region of the trunk and arms after 40 min of exercise mainly in conditions with the presence of wind. In the recovery period of the NF exercise, the thermogram became very similar to the resting thermogram, while thermal reduction remained evident under windy conditions. Characteristic hot spots are observed in the central region of the chest, back, and arms after 40 min and in recovery from exercise; this phenomenon was attenuated according to the intensity of the wind.

Table 2. Average thermal reduction (ΔT °C) at each moment compared to baseline Tsk.

ROI	Condition	Basal Tsk (°C)	Exercise protocol					
			Warm-up		Main part		Recovery	
			10 min ΔT °C	20 min ΔT °C	30 min ΔT °C	40 min ΔT °C	5 min AR ΔT °C	5 min PR ΔT °C
Pectoral	NF	32.7	-1.5	-1.6	-1.5	-1.5	-1.3	-0.9
	LF	32.2	-2.6	-3.1	-3.1	-3.2	-2.5	-1.5
	HF	32.2	-2.7	-3.8	-3.7	-3.7	-2.9	-1.6
Biceps	NF	32.8	-1.8	-2.2	-2.2	-2.2	-1.3	-0.7
	LF	32.2	-2.7	-2.9	-2.8	-2.7	-2.5	-1.1
	HF	32.0	-2.5	-3.3	-3.2	-3.1	-2.8	-1.1
Dorsal	NF	33.1	-1.7	-1.7	-1.2	-1.3	-0.8	-0.5
	LF	32.7	-2.0	-2.3	-1.8	-1.9	-1.7	-0.7
	HF	32.7	-1.7	-2.9	-2.7	-2.5	-1.6	-0.6

ROI: body region of interest; NF: windless; LF: low flow; HF: high flow; Tsk: skin temperature; AR: active recovery; PR: passive recovery; ΔT : thermal reduction compared to baseline.

Figure 6. Evolution of the anterior and posterior thermograms of a participant in the pre-exercise period, after 40 min of exercise, and after 5 min of passive recovery moments under the three experimental conditions.



Discussion

The objective of this study was to analyze the body heat dissipation during indoor running treadmill with different airflow conditions. The pre-exercise conditions among testing days were similar regarding hydration level, environmental condition, body mass, and Tsk. Moreover, the participants' RPE during exercise was statistically similar among the different protocols. Taken together, these results reinforce that the observed thermal changes were due to the different airflow conditions during exercise. Our main findings show an important impact of wind on the body surface cooling during moderate-intensity exercise on a treadmill. This effect has been visualized and quantified with thermography.

Since we analyzed inactive muscle groups during running, the exercise-induced Tsk reduction may be attributed to adrenergic cutaneous vasoconstriction, which contributes to redirecting blood flow from inactive regions to active muscles²⁸⁻³¹. This adjustment may explain the Tsk reduction especially in the initial moments of windless exercise¹². Other authors have reported Tsk reductions in inactive ROIs during exercise^{15,17}. Moreover, Tsk reduction may be explained by evaporative heat loss. As exercise continues, the excess of metabolic heat needs to be transferred to the body surface, where it is dissipated to the environment through the evaporation of sweat^{29,32}.

When the use of the ventilator was included in the exercise session, the Tsk reduction was enhanced in all the ROIs. This behavior accelerates the body's surface cooling, facilitating thermoregulation. In the present study, it was evident how the effect of the airflow acts in removing heat

from the body through convection, cooling the sweat, or even helping in its evaporation³. This Tsk reduction favors heat dissipation to the environment, as it increases the thermal gradient between the core and the skin, facilitating internal heat transfer to the skin¹. Thus, our results demonstrate the efficiency of the airflow during exercise to increase heat dissipation in running exercise. The impact of the wind in the Tsk distribution on the body surface of a participant can be seen in Figure 6.

In the chest, the different wind speeds comparably potentiated the Tsk reduction at all moments in comparison to the condition NF. Therefore, in pectorals, a low wind speed was sufficient to maximize the release of body heat. However, the higher wind speed contributed to the maintenance of the thermal reduction after the end of the exercise, since Tsk did not return to the rest value after passive recovery only in HF condition (Figure 3).

The greatest Tsk drops in comparison with the NF condition were found in the chest. Reductions of ≈ 1.5 °C during the NF exercise were maximized by airflow, reaching values greater than 3 °C with LF and ≈ 4 °C with HF (Table 2). A probable explanation is that the chest received a greater flow of wind due to its large contact surface in comparison to the biceps; compared to the dorsal ROI, the chest (but not the dorsal) received direct wind during exercise.

In the biceps, the wind flow potentiated the reduction in Tsk throughout the exercise session in comparison to the NF condition. The greatest thermal reduction during the NF exercise was 2.2 °C, while in the LF and HF conditions, the thermal reduction reached values of 2.9 °C and 3.3 °C, respectively. Moreover, the higher wind speed induced Tsk reductions of greater magnitude compared to the LF condition at 30

and 40 min of exercise, and after 5 min of active recovery ($\Delta T_{sk} \approx 0.4^\circ\text{C}$ between HF and LF) (Table 2). As with the chest, the increased participation of the convection mechanism promoted by the higher wind speed could have been important to keep the T_{sk} reduced longer time in the biceps after exercise.

The dorsal region did not receive direct wind. Even so, the exercise conditions with wind were effective in reducing T_{sk} (Figure 5) but in a less accentuated way than in the other ROIs. While the T_{sk} reduction in the NF exercise was 1.2 to 1.7 $^\circ\text{C}$ in the main part of the exercise, under wind conditions, this reduction varied from 1.8 - 2.3 $^\circ\text{C}$ with LF and 1.7 - 2.9 $^\circ\text{C}$ with HF (Table 2). These results confirm that even though the dorsal region had not received frontal airflow, the back is an important heat exchange region for the human body since it has more eccrine sweat glands compared to other regions^{33,34}. The greater potential for sweat production in the dorsal ROI can increase the convective heat loss when there is wind flow in the environment.

The dorsal ROI showed a non-linear behaviour of T_{sk} after the end of the warm-up. However, the return of T_{sk} to baseline was after 30 min of exercise in the NF and LF conditions, while the thermal reduction in the HF condition was preserved throughout the training session, returning to baseline only after 5 min of passive recovery. These findings indicate that even with indirect airflow, the speed of the wind influences the cooling of this region, increasing its potential for heat loss.

In the post-exercise recovery period, there was a gradual increase in T_{sk} even in the presence of airflow. This response probably occurred due to the lower intensity after the end of the main part of the exercise. It has been shown that the reduction in T_{sk} during exercise is proportional to the increase in intensity¹⁶. Therefore, from the moment that the intensity was reduced in the recovery period, the thermal reduction previously achieved was attenuated. Moreover, after active recovery, the fun was off, which increased the T_{sk} after 5 minutes of passive rest. These results reinforce the relevance of wind flow on skin cooling during exercise.

Currently, many gyms have installed aerobic rooms, where several fans can be arranged to allow airflow to reach the maximum of the skin areas of the athlete. On the other hand, some treadmill models already have a fan attached, helping thermoregulation during exercise. Considering the duration of exercise (45 min) in our study, it was observed that the wind plays a fundamental role in body thermoregulation by increasing the participation of the convection mechanism, making it evident that simple fans are sufficient to enhance the body surface cooling during the exercise period.

A limitation of the study is the absence of other techniques to assess hydration status after exercise. However, since changes in the participants' body weight were lower than 2%, we assume that the hydration protocol ensured a euhydration condition and avoided interference in thermoregulatory responses. The pioneering nature of our study was to quantify, by IRT, the impact of the wind on T_{sk} , something that has not yet been accomplished. We demonstrate the magnitude of body surface cooling during exercise with and without any airflow, confirming that convection increases the potential for heat exchange³. To replicate our study with highly trained runners is interesting since the effect of systematic training on the thermoregulation of experienced runners could provide different results. Future studies should investigate whether

airflow-induced body cooling could translate into a better exercise performance, including female participants since gender influences thermoregulatory processes³⁵.

Conclusion

The airflow during moderate-intensity treadmill running enhance the heat dissipation from the upper body surface to the environment in physically active men. In the chest, reduced wind speed is sufficient to increase the release of heat. In the brachial biceps, the higher wind speed induces thermal reductions of greater magnitude. In the upper dorsal region, the higher wind speed is effective in increasing the release of heat and keeping T_{sk} reduced during exercise.

Acknowledgments

Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Support received

Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq).

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol*. 2010;109:1221-8.
- McDermott BP, Anderson SA, Armstrong LE, Casa DJ, Chevront SN, Cooper L, et al. National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for the physically active. *J Athl Train*. 2017;52:877-95.
- Parsons K. Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance. Boca Raton. CRC Press; 2014. p. 94.
- Tyler CJ, Wild P, Sunderland C. Practical neck cooling and time-trial running performance in a hot environment. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110:1063-74.
- Racinais S, Ihsan M, Taylor L, Cardinale M, Adami PE, Alonso JM, et al. Hydration and cooling in elite athletes: relationship with performance, body mass loss and body temperatures during the Doha 2019 IAAF World Athletics Championships. *Br J Sports Med*. 2021;0:1-8. doi:10.1136/bjsports-2020-103613.
- Tyler CJ, Sunderland C, Cheung SS. The effect of cooling prior to and during exercise on exercise performance and capacity in the heat: a meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2015;49:7-13.
- Stevens CJ, Taylor L, Dascombe BJ. Cooling during exercise: and overlooked strategy for enhancing endurance performance in the heat. *Sports Med*. 2017;47:829-41.
- Riggs JC, Johnson DJ, Kilgour RD, Konopka BJ. Metabolic effects of facial cooling in exercise. *Aviat Space Environ Med*. 1983;54:22-6.
- Riggs CE, Johnson DJ, Konopka BJ, Kilgour RD. Exercise heart rate response to facial cooling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1981;47:323-30.
- Armada-da-Silva PA, Woods J, Jones DA. The effect of passive heating and face cooling on perceived exertion during exercise in the heat. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91:563-71.
- Stroud MA. Effects on energy expenditure of facial cooling during exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;63:376-80.
- Hillen B, Pfirrmann D, Nägele M, Simon P. Infrared thermography in exercise physiology: the dawning of exercise radiomics. *Sports Med*. 2020;50:263-82.
- Oliveira SAF, Marins JCB, Silva AG, Brito CJ, Moreira DG, Sillero-Quintana M. Measuring of skin temperature via infrared thermography after an upper body progressive aerobic exercise. *JPEs*. 2018;18:184-92.

14. Fernandes AA, Amorim PRS, Brito CJ, Costa CMA, Moreira DG, Sillero-Quintana M, et al. Skin temperature behavior after a progressive exercise measured by infrared thermography. *JPEs*. 2018;3:1592-600.
15. Fernandes AA, Amorim PRS, Brito CJ, Sillero-Quintana M, Marins JCB. Regional skin temperature response to moderate aerobic exercise measured by infrared thermography. *Asian J Sports Med*. 2016;7:e29243.
16. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng*. 2010;38:158-63.
17. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng*. 1998;26:998-3.
18. Shepard RJ. PAR-Q. Canadian home fitness test and exercise screening alternatives. *Sports Med*. 1998;5:185-95.
19. American Heart Association AHA. Risko. *Lancet*. 1973;2:243-4
20. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Lastras JA, Carmona PMG, Cano SP, García-Concepción MA, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review. *Infrared Phys Technol*. 2015;71:28-55.
21. Costa CMA, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Brito CJ, Pussieldi GA, Fernandes AA, et al. Daily rhythm of skin temperature of women evaluated by infrared thermal imaging. *J Thermal Biol*. 2018;72:1-9.
22. Bruce RA, Blackmon JR, Jones JW, Strait G. Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients. *Pediatrics*. 1963;32:742-56.
23. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*. 1957;35:307-15.
24. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14:377-81.
25. Marins JCB. Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral. *Várzea Paulista. Fontoura*; 2011. p. 172.
26. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJ, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: a Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *J Thermal Biol*. 2017;69:155-62.
27. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Sillero-Quintana M, Soares DD, Fernandes AA, et al. Time required to stabilize thermographic images at rest. *Infrared Phys Technol*. 2014;65:30-5.
28. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Front Biosci*. 2010;15:259-90.
29. Smith CJ, Johnson JM. Responses to hyperthermia. Optimizing heat dissipation by convection and evaporation: Neural control of skin blood flow and sweating in humans. *Auton Neurosci*. 2016;196:25-36.
30. Abate M, Di Carlo L, Di Donato L, Romani GL, Merla A. Comparison of cutaneous termic response to a standardised warm up in trained and untrained individuals. *J Sports Med Phys Fitness*. 2013;53:209-15.
31. Kenny GP, McGinn R. Restoration of thermoregulation after exercise. *J Appl Physiol*. 2017;122:933-44.
32. Silva AG, Albuquerque MR, Brito CJ, Oliveira SAF, Stroppa GM, Sillero-Quintana M, et al. Resposta térmica da pele ao exercício em remoergômetro de alta versus moderada intensidade em homens fisicamente ativos. *Rev Port Ciênc Desporto*. 2017;17:125-37.
33. Coull NA, West AM, Hodder SG, Wheeler P, Havenith G. Body map of regional sweat distribution in young and older males. *Eur J Appl Physiol*. 2021;121:109-25.
34. Taylor NA, Machado-Moreira CA. Regional variations in transepidermal water loss, eccrine sweat gland density, sweat secretion rates and electrolyte composition in resting and exercising humans. *Extrem Physiol Med*. 2013;2:1-29.
35. Yanovich R, Ketko I, Charkoudian N. Sex differences in human thermoregulation. *Physiology*. 2020;35:177-84.

Validity of a novel inertial measurement unit to track barbell velocity

Daniel Varela-Olalla¹, Dario Álvarez-Salvador², Alejandro Arias-Tomé², Ignacio Collado-Lázaro², Aitor Gamarra-Calavia², Carlos Balsalobre-Fernández¹

¹Applied Biomechanics and Sports Technology Research Group, department of Physical Education, Sport and Human Movement. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. Spain. ²Department of Physical Education, Sport and Human Movement. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. Spain.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00051

Recibido: 25/09/2020
Aceptado: 22/04/2021

Summary

The objective of this work is to analyze the reliability and validity of the new inertial measurement unit (IMU) PUSH™ Band 2.0 to measure barbell velocity. Six healthy males (24.83±3.71years; 69.88±8.36kg; 175.92±4.5cm) participated in this study and performed several sets on the bench press. Barbell concentric mean (MV) and peak (PV) velocity were recorded with a LT and the IMU. Pearson correlation coefficient shows a very high relationship for MV ($r = 0.97$; SEE: 0.08 m/s; 95%CI: 0.95-0.98; $p < 0.001$) and PV ($r = 0.97$; SEE: 0.13 m/s; 95%CI: 0.96-0.98; $p < 0.001$). There was a very high agreement for the values of MV and PV (MV: ICC = 0.945, CI = 0.834-0.974, $\alpha = 0.981$; PV: ICC = 0.926, CI = 0.708-0.969, $\alpha = 0.977$). Paired sample t-test revealed systematic bias for MV ($p < 0.001$; mean difference between instruments = 0.06 ± 0.09 m/s) and PV ($p < 0.001$; mean difference between instruments = 0.15 ± 0.18 m/s). Bland-Altman plots showed almost trivial and moderate relationships for MV ($r^2 = 0.1$) and PV ($r^2 = 0.37$). In conclusion, the PUSH™ Band 2.0 was proven to be a valid alternative for measuring barbell velocity in the bench press.

Key words:

Resistance training. Movement velocity. Bench press. Monitoring. Technology. Validation

Validación de un nuevo sensor inercial para medir la velocidad de ejecución

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar la fiabilidad y validez de la nueva unidad de medición inercial (IMU) PUSH™ Band 2.0 para medir la velocidad de la barra. Seis hombres sanos (24.83 ± 3.71 años; 69.88 ± 8.36 kg; 175.92 ± 4.5 cm) participaron en este estudio y realizaron varias series en el press de banca. La velocidad concéntrica de barra (MV) y la velocidad pico (PV) se registraron con un LT y la IMU. El coeficiente de correlación de Pearson muestra una relación muy alta para MV ($r = 0.97$; SEE: 0.08 m/s; IC 95%: 0.95-0.98; $p < 0.001$) y PV ($r = 0.97$; SEE: 0.13 m/s; 95% IC: 0.96-0.98; $p < 0.001$). Hubo un acuerdo muy alto para los valores de MV y PV (MV: ICC = 0.945, CI = 0.834-0.974, $\alpha = 0.981$; PV: ICC = 0.926, CI = 0.708-0.969, $\alpha = 0.977$). La prueba t de muestras relacionadas reveló un sesgo sistemático para MV ($p < 0.001$; diferencia media entre instrumentos = 0.06 ± 0.09 m/s) y PV ($p < 0.001$; diferencia media entre instrumentos = 0.15 ± 0.18 m/s). Las gráficas de Bland-Altman mostraron relaciones casi triviales y moderadas para VM ($r^2 = 0.1$) y VP ($r^2 = 0.37$). En conclusión, se demostró que PUSH™ Band 2.0 es una alternativa válida para medir la velocidad de la barra en el press de banca.

Palabras clave:

Entrenamiento de fuerza. Velocidad de ejecución. Press de banca. Monitorización. Tecnología. Validación.

Correspondencia: Daniel Varela-Olalla
E-mail: dvarel23@gmail.com / daniel.varela@uam.estudiante.es

Introduction

Accurately controlling and prescribing the training load in resistance training is vital to achieve the desired adaptations¹. Specifically, adequate control of intensity has been shown to be a key factor in the improvement of muscular strength²⁻⁶ which is a determining factor of sports performance^{3,7,8}.

Traditionally the intensity of resistance training has been prescribed through percentages of the 1RM (maximum load with which only one repetition can be performed) or through the XRM (maximum number of repetitions that can be performed with a given load)^{1,9-11}. However, in recent years it has been found that movement velocity is the most accurate and safe variable to control and prescribe intensity in resistance training¹²⁻¹⁴ allowing to estimate the 1RM through the load-velocity relationship without performing an RM or XRM test.

To measure the movement velocity there are different instruments such as linear transducers (LT), accelerometers, advanced video analysis systems or mobile applications¹⁵⁻¹⁹. Linear transducers have been considered as "gold standards", but these devices present two important drawbacks: a) they are relatively expensive for most users; and b) it is necessary to connect the device to the bar with a cable which makes them impractical for daily use. For these reasons, in recent years the reliability and validity of cheaper alternatives such as different models of accelerometers and mobile applications have been proven, several of them demonstrating being valid for measuring barbell velocity¹⁵⁻¹⁷.

Actually, new alternatives are being presented to measure barbell velocity and different brands try to improve the performance of their products. We hypothesize that the new models of inertial measurement units (IMUs) PUSH™ Band 2.0 should offer better results than previous models, and being a better alternative to LT. For this reason the objective of this work is to analyze the reliability and validity of the new IMU PUSH™ Band 2.0 for measuring barbell velocity in the bench press exercise. We hypothesize that this device will have greater results in terms of validity than previous IMUs.

Material and method

Participants

Six healthy males (24.83±3.71 years; 69.88±8.36 kg; 175.92±4.5 cm; RM 80.83 ± 21.13 kg; VRM 0.17 ± 0.04 m/s) selected incidentally took part in this study, all of them had at least 1 year of experience in resistance training and in particular in the bench press exercise. None of the participants had physical limitations, health problems or injuries at the time of the test. None of the participants were taking drugs, medications or other substances that could alter their physical performance. Written informed consent was obtained from each participant; the study protocol was approved by the ethics committee at the institutional review board and complied with the Declaration of Helsinki for Human Experimentation.

Procedures

Participants performed several sets on the bench press exercise starting with a load of 20 kg and progressively increasing the weight

by 10 kg until a velocity ≈0,3 m/s was reached, then one last set was performed with an increase of weight of only 5 kg (if participants did not feel capable of performing this last series they were allowed to finish the protocol in the previous series), therefore, they do not performed the same number of reps. Barbell mean velocity was being recorded with the Smartcoach Power Encoder (Smartcoach Europe, Stockholm, Sweden) LT and the PUSH™ Band 2.0 IMU (PUSH Inc., Toronto, Canada). Each subject performed 2 sets of 3 repetitions with 20, 30 and 40 kg loads, and then performed 2 sets of 2 repetitions with the 50 kg load and 2 sets of 1 repetition with the remaining loads. A total of 140 repetitions were performed and 13 repetitions were discarded because the LT could not measure them correctly. Finally a total of 127 repetitions were analyzed. Concentric mean (MV) and peak velocities (PV) of the resultant 127 repetitions measured with both instruments were compared for reliability and validity purposes. Before the data acquisition anthropometric measurements were taken from all subjects using a digital stadiometer with scale (SECA 220, SECA, Germany).

Incremental bench press test

The warm-up consisted of 5 minutes of joint mobility and 3 sets of 10, 8 and 5 repetitions (2 minutes of rest between sets) with loads of 20, 30, and 40 kg respectively. The initial load of the test was established in 20 kg and increments of 10 kg were made until reaching a MV ≈0.3m/s, then the load was increased 5 kg for one last set or the test was stopped if the subjects did not feel capable of continuing the test. Subjects performed 2 sets of 3 repetitions with loads from 20 to 40 kg and 2 sets of 2 repetitions with the 50 kg load, for the remaining loads (>50 kg) each subject performed 2 sets of 1 repetition. Rest between set was 3 minutes except for the last increment of 5 kg for which the rest was 5 minutes. The test was carried out in a Smith machine. The subjects were placed in the supine position on a flat bench, with the feet fully supported on the floor and with the hands placed on the bar with a self-selected grip-width. The placement on the bench was adjusted so that the vertical projection of the bar corresponded with the intermammary line of each subject. Subjects were required to perform a pause of ≈1 to 1,5 s between the eccentric and concentric phases when the bar contacted their chest with the purpose of minimizing the effect of the stretch-shortening cycle (SSC) and the contribution of elastic energy to the movement to increase the reliability of the measures²⁰. The subjects were instructed to perform the concentric phase at the maximum possible velocity in each repetition.

Instruments

Linear transducer: The Smartcoach Power Encoder LT (Smartcoach Europe, Stockholm, Sweden) was used as the "gold standard" for measuring barbell mean velocity. The Smartcoach LT cable was attached to the barbell following the criteria described by the manufacturer (the cable needs to be aligned with the vertical axis). Then, the LT was connected to the Smartcoach software 5.3.3.6 installed on a personal computer running the Windows 10 operating system. Mean velocity values in $m \cdot s^{-1}$ were recorded for each repetition in the aforementioned software. The LT had a sampling frequency of 1000 Hz.

Inertial Sensor: The the PUSH™ Band 2.0 IMU (PUSH Inc., Toronto, Canada) was attached to the barbell by means of the manufacturer Velcro cover following manufacturer criteria. IS was linked to an IOS PUSH App v. 4.1.2 via Bluetooth connection. Mean velocity values in m · s⁻¹ were recorded for each repetition in the aforementioned App. The PUSH™ Band 2.0 consists of a 3-D accelerometer and a 3-D gyroscope that provides 6 degrees of freedom with a sampling rate of 1000 Hz.

Statistical analysis

Concurrent validity of the IMU was tested using Pearson's product-moment correlation coefficient (r) with 95% confident intervals (CI) via bootstrapping ($n=1000$). To analyze the level of agreement (reliability) between the IMU and the LT, the intraclass correlation coefficient (ICC 2.1) with 95% CI and Cronbach's alpha were used. In addition, Paired sample t-test and Bland-Altman plots were used to identify potential systematic bias by reporting mean bias, standard deviations and the analysis of the regression line of the Bland-Altman plots. The criteria for interpreting the magnitude of the r coefficients were: *trivial* (0.00–0.09), *small* (0.10–0.29), *moderate* (0.30–0.49), *large* (0.50–0.69), *very large* (0.70–0.89), *nearly perfect* (0.90–0.99) and *perfect* (1.00)²¹. Level of significance was set at 0.05 and all the analysis were performed using IBM® SPSS® Statistics 23.0 software (SPSS, Chicago, IL).

Results

Concurrent validity

Pearson product-moment correlation coefficient showed a significant, very high relationship between the values obtained for MV ($r = 0.97$; SEE: 0.08 m/s; 95% CI: 0.95–0.98; $p < 0.001$) and PV ($r = 0.97$; SEE: 0.13 m/s; 95% CI: 0.96–0.98; $p < 0.001$) measured with the IMU and the LT (Figure 1).

Reliability of the measurements with the IS compared to the LT

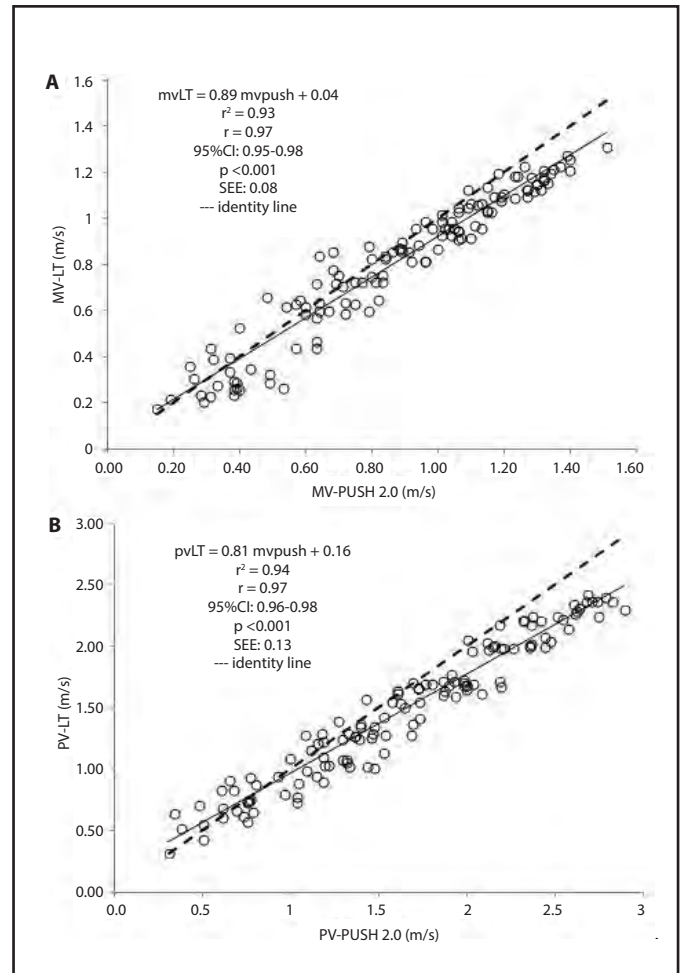
There was a very high agreement between the values of MV and PV measured with the IMU and those measured with the LT as revealed by the ICC, Cronbach's alpha and Bland-Altman plots (MV: ICC = 0.945, CI = 0.834–0.974, $\alpha = 0.981$; PV: ICC = 0.926, CI = 0.708–0.969, $\alpha = 0.977$).

Paired sample t-test revealed systematic bias for MV ($p < 0.001$; mean difference between instruments = 0.06 ± 0.09 m/s) and PV ($p < 0.001$; mean difference between instruments = 0.15 ± 0.18 m/s). When analyzing the Bland-Altman plots a small, almost trivial relationship was observed for MV ($r^2 = 0.1$), while PV has shown a moderate relationship ($r^2 = 0.37$) (Figure 2).

Discussion

The PUSH™ Band 2.0 IMU was found to be reliable and valid for measuring MV and PV in comparison with a LT. Pearson product-moment correlation coefficient showed a very high relationship between values obtained with both instrument for MV ($r = 0.97$) and PV ($r = 0.97$) with

Figure 1. Concurrent validity between both instruments for a) mean velocity and b) peak velocity.

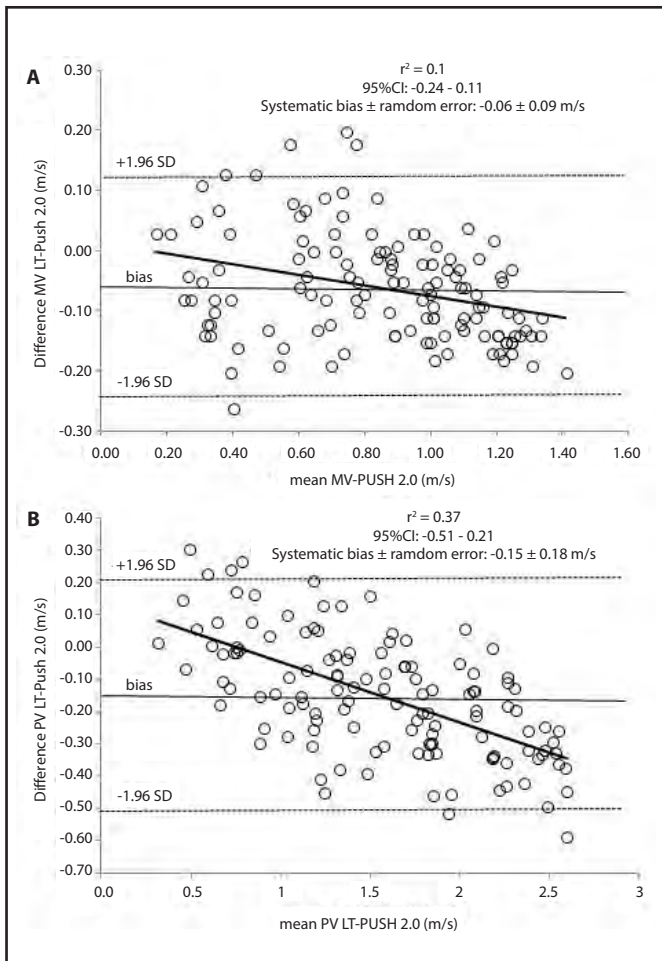


LT: linear transducer; MV: mean velocity; PV: peak velocity.

very narrow CI via bootstrapping analysis (MV: 0.95–0.98; PV: 0.96–0.98). These results highlight the good association between the instrument for the measurement of MV and PV. In addition, slopes of the regression lines (Figure 1) for MV ($s = 0.89$) and PV ($s = 0.81$) were very close to identity line ($y = x$) indicating that values obtained with both devices were very similar. However, paired sample t-test revealed systematic bias between the two instruments by which values of the IMU tended to be higher than those of the LT for the MV and PV (see results for more detail). Finally, the ICC analysis and the Bland-Altman plots revealed a very high level of agreement between the IMU and the LT for MV and a very acceptable to high level of agreement for PV (see results for more detail).

Our results indicate that the PUSH™ Band 2.0 is a valid option to measure barbell velocity and are in line with previous studies which have shown that different inertial sensors can be used as cheaper and more practical alternatives to LT^{15,16}. Its worth to note that the PUSH™ Band 2.0 tend to present slightly higher values for MV and PV compared to the LT in accordance with results obtained in the validation of the

Figure 2. Bland-Altman plots for the measurements of a) mean velocity and b) peak velocity. Horizontal thin lines represent the observed bias (95% CI), while the thick line is the regression line of the data points.



MV: mean velocity; PV: peak velocity.

Beast sensor IMU¹⁵. Interestingly, the previous version of the PUSH™ Band display values slightly lower compared with a LT for PV and slightly higher for MV¹⁶. These differences between studies could be in part due to the fact that different LT were used, the different sample frequency of both versions of the PUSH™ Band (version 1 use a 200 Hz sample frequency and version 2.0 a 1000 Hz sample frequency), the different place of attachment of the devices (version 1 has to be attached below the elbow of the subject and not directly to the barbell like version 2.0), or all the above. Another important point is that the back squat exercise was used for the validation of the first PUSH™ Band version while for the present study the bench press exercise was performed.

Despite the methodological differences between studies, it seems clear that PUSH™ Band 2.0 supposes an improvement in the accuracy of wearable devices for measuring barbell velocity compared to its previous version. In the study of Balsalobre-Fernández *et al.*¹⁶ the level of association between PUSH™ Band and LT was lower than in the

present validation of PUSH™ Band 2.0 for MV ($r = 0.86$, SEE: 0.08 m/s vs $r = 0.97$, SEE: 0.08 m/s) and PV ($r = 0.91$, SEE: 0.1 m/s vs $r = 0.97$, SEE: 0.13 m/s), our results also show better agreement between PUSH™ Band 2.0 and LT (MV ICC: 0.945; PV ICC: 0.926) than the values presented in the study of Balsalobre-Fernández *et al.*² (MV ICC: 0.907; PV ICC: 0.944). Relative to the validation of the Beast sensor¹⁵, both devices have showed a similar degree of validity for the bench press exercise when placed directly to the barbell ($r \approx 0.97$) for MV, however Beast sensor showed lower SEE compared to PUSH™ Band 2.0 (0.05 m/s vs 0.08 m/s) and better ICC (0.981 vs 0.945) which could be explained by: 1) differences in the experience and training background of the subjects tested (competitive powerlifters vs healthy active males); and 2) the fact that Balsalobre-Fernández *et al.*¹⁵ tested the IMU in a free weight movement while in our study we used a smith machine and this may have affected the values obtained with the LT which is designed to measure only in the vertical axis.

It's worth to note that recently two studies^{22,23} have examined the accuracy and validity of the first PUSH™ Band version and the Beast sensor. One study showed high concurrent validity for first PUSH™ Band but not for the Beast sensor²³, and the other found substantial errors for the validity of the first PUSH™ Band to measure barbell velocity²².

One recent study²⁴ has analyzed the validity of PUSH™ Band 2.0 for MV and PV in the free weight bench press exercise. Contrary to our results, Lake *et al.*²⁴ show a better prediction precision of PV than MV, and found proportional bias for the latter. Consistent with our results, this study also found that PUSH™ Band 2.0 tends to overestimate the bar velocity values highlighting the need to be cautious when comparing data obtained with this device against pre-established load-velocity profiles measured with different instruments. The differences may be due to the fact that Lake *et al.*²⁴ used an optoelectronic 3D motion analysis system as a criterion method, while in our work a LT has been used, and the fact of implementing different statistical methods for data analysis. Furthermore, Lake *et al.*²⁴ analyzed the free weight bench press while in our study it was analyzed on a Smith machine. Finally, Lake *et al.*²⁴ analyze the standard bench press while in our study the subjects were instructed to pause between the eccentric and concentric phases to minimize the effect of SSC, which has been shown to increase the reliability of measurements for MV²⁰. The contradictions exposed indicate the need for further research regarding the validity of this device.

Conclusions

In conclusion, the PUSH™ Band 2.0 was proven to be valid and accurate for measuring barbell velocity, especially for MV. However, systematic bias was observed so values obtained with the IMU should not be used as interchangeable with those of a LT. The PUSH™ Band 2.0 is an affordable and practical system that has been demonstrated to be reliable and valid in comparison with a LT for tracking movement velocity in the bench press exercise. Thus, the PUSH™ Band 2.0 can be used to monitor and control movement velocity accurately. These results have great practical application for practitioners or strength and conditioning coaches who want to implement velocity-based resistance training and are seeking for accurate alternatives to LT with lower cost.

Study limitations

The major drawbacks of the present study are, in first place, the use of mean velocity for the whole range of velocities ranging from loads <40% RM to >90% RM, since previous studies has shown that mean propulsive velocity (MPV) is more accurate and sensitive for light loads²⁵. For that reason it could be recommended to use the PUSH™ Band 2.0 for measuring loads above 70% RM as has been recommended for the use of other instruments that only provide values of MV¹⁷. Secondly, another drawback is that only the bench press exercise was tested and the results obtained should be interpreted with caution for monitoring other exercises.

Future lines of research

Due to the limitation that only bench press exercise has been analyzed in the present study, and that there are some controversies between the three studies (including the present one) that have investigated the validity of the PUSH™ Band 2.0; our analyses should be replicated using different exercises performed with and without pause between eccentric and concentric phases, and performed using different materials like smith machines or free weights.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Kraemer W, and Ratamess N. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:674-88.
- Campos G, Luecke T, Wendeln H, Toma K, Hagerman F, Murray T, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:50-60.
- Folland J, and Williams A. The adaptations to strength training. *Sports Med.* 2007;37:145-68.
- Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med.* 2004;34:663-79.
- Heggelund J, Fimland M, Helgerud J, and Hoff J. Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength more than conventional strength training. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113:1565-73.
- Schoenfeld B, Wilson J, Lowery R, and Krieger J. Muscular adaptations in low- versus high-load resistance training: A meta-analysis. *Eur J Sport Sci.* 2014;16:1-10.
- Balshaw T, Massey G, Maden-Wilkinson T, Morales-Artacho A, McKeown A, Appleby C, and Folland J. Changes in agonist neural drive, hypertrophy and pre-training strength all contribute to the individual strength gains after resistance training. *Euro J Appl Physiol.* 2017;117:631-40.
- Suchomel T, Nimphius S, and Stone M. The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Med.* 2016;46:1419-49.
- Dohoney P, Chromiak J, Lemire D, Abadie B, and Kovacs C. Prediction of one repetition maximum (1-rm) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. *J Exerc Physiol Online.* 2002;5:54-9.
- McMaster D, Gill N, Cronin J, and McGuigan M. A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. *Sports Med.* 2014;44:603-23.
- Reynolds J, Gordon T, and Robergs R. Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *J Strength Cond Res.* 2006;20:584-92.
- González-Badillo JJ, and Sánchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med.* 2010;31:347-52.
- Jidovtseff B, Harris NK, Crielaard JM, and Cronin JB. Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *J Strength Cond Res.* 2011;25:267-70.
- Picerno P, Iannetta D, Comotto S, Donati M, Pecoraro F, Zok M, et al. 1RM prediction: a novel methodology based on the force-velocity and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116:2035-43.
- Balsalobre-Fernández C, Marchante D, Baz-Valle E, Alonso-Molero I, Jiménez S, and Muñoz-López M. Analysis of wearable and smartphone-based technologies for the measurement of barbell velocity in different resistance training exercises. *Front Physiol.* 2017;8:649-58.
- Balsalobre-Fernández C, Kuzdub M, Poveda-Ortiz P, and Campo-Vecino J. Validity and reliability of the push wearable device to measure movement velocity during the back squat exercise. *J Strength Cond Res.* 2016;30:1968-74.
- Balsalobre-Fernández C, Marchante D, Muñoz-López M, and Jiménez S. Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *J Sports Sci.* 2018;36:64-70.
- Bardella P, Carrasquilla García I, Pozzo M, Tous-Fajardo J, Saez de Villareal E, and Suarez-Arrones L. Optimal sampling frequency in recording of resistance training exercises. *Sports Biomech.* 2016;16:102-14.
- Harris N, Cronin J, Taylor K, Boris J, and Sheppard J. Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners. *Strength Cond J.* 2010;32:66-79.
- Pallarés J, Sánchez-Medina L, Pérez C, De La Cruz-Sánchez E, and Mora-Rodríguez R. Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *J Sports Sci.* 2014;32:1165-75.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, and Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:3-13.
- Courel-Ibáñez J, Matínez-Cava A, Morán-Navarro R, Escibano-Peñas P, Chavarren-Cabrero J, González-Badillo JJ, and Pallarés JG. reproductibility and repeatability of five different technologies for bar velocity measurement in resistance training. *Ann Biomed Eng.* 2019;47:1523-38.
- Pérez-Castilla A, Piepoli A, Delgado-García G, Garrido-Blanca G, and García-Ramos A. Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *J Strength Cond Res.* 2019;33:1258-65.
- Lake J, Augustus S, Austin K, Comfort P, McMahon J, Mundy P, Haff GG. The reliability and validity of the bar-mounted PUSH Band™ 2.0 during bench press with moderate and heavy loads. *J Sports Sci.* 2019.
- Sánchez-Medina L, Pérez CE, and González-Badillo JJ. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med.* 2010;31:123-9.

Evaluación deportiva, muscular y hormonal en deportistas de CrossFit® que emplean la “Elevation Training Mask”

Diego Fernández-Lázaro^{1,2}, Juan Mielgo-Ayuso³, Darío Fernández-Zoppino³, Silvia Novo¹, María Paz Lázaro-Asensio^{4,5}, Nerea Sánchez-Serano^{1,6}, César I. Fernández-Lázaro^{1,7}

¹Departamento de Biología Celular, Histología y Farmacología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Soria. ²Grupo de Investigación de Neurobiología. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid. Valladolid. ³Departamento de Ciencias de la Salud. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Burgos. Burgos. ⁴Departamento de Fisioterapia. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Soria. ⁵Centro de Salud “La Milagrosa”. Salud Castilla y León (SACYL). Soria. ⁶Unidad de Microbiología Clínica. Hospital Sta. Bárbara de Soria. Soria. ⁷Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00052

Recibido: 05/11/2020
Aceptado: 10/05/2021

Resumen

Introducción: La posibilidad de realizar entrenamientos intensos sin caer en estados de fatiga crónica, estimula el uso de dispositivos que mejoren la funcionalidad muscular y hormonal en deportistas. La *Elevation Training Mask* (Training Mask LLC) (ETM) permite la aplicación de hipoxia durante el ejercicio. La ETM se integra en las rutinas de entrenamiento incrementando el estímulo físico para mejorar el rendimiento.

Objetivo: Evaluamos el impacto de la ETM sobre los entrenamientos del día o Workouts of the Day (WODs), el comportamiento muscular y hormonal en deportistas de CrossFit®.

Material y método: Estudio de cohorte prospectivo. Durante 12 semanas 20 practicantes de CrossFit® entrenaban 60 minutos 3 días a la semana fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos, grupo control (GC) (n=10) y grupo ETM (GE) (n=10) aplicando una altitud simulada adicional progresiva entre 914 y 2743 metros. Los WODs (press, squat, deadlift, CF total y grace), marcadores maculares: lactato deshidrogenasa (LDH); creatina quinasa (CK); mioglobina (Mb) y hormonas: testosterona (T); cortisol (C), se evaluaron en 2 momentos del estudio: día 1 (T1) y día 84 (T2).

Resultados: Todos los WODs y los parámetros LDH, CK, Mb, TT y C no mostraron ninguna diferencia significativa ($p > 0,05$) en la interacción grupo tiempo. En el GE se observó un porcentaje de cambio (Δ) entre T1 y T2 sustancialmente menor en Mb (-16,01±25,82%), CK (6,16±26,05%) y C (-0,18±4,01%) que en GC (Mb: -0,94±4,39%; CK: 17,98±27,19%; C: 4,56±3,44%). Los Δ T1-T2 en los WODs fueron similares.

Conclusión: Tras 12 semanas de entrenamiento en condiciones simuladas de hipoxia con ETM no existen mejoras del rendimiento deportivo evaluadas mediante los WODs. Sin embargo, la mayor tendencia a disminuir de Mb, CK y C, tras usar la ETM, podrían estimular la recuperación e indicar un menor catabolismo muscular del atleta de CrossFit® a largo plazo.

Palabras clave:

Elevation Training Mask. Hipoxia. Rendimiento deportivo. Músculo. Hormonas. CrossFit®.

Athletic, muscular and hormonal evaluation in CrossFit® athletes using the “Elevation Training Mask”

Summary

Introduction: The possibility of performing intense workouts without falling into states of chronic fatigue stimulates the use of devices that improve muscular and hormonal functionality in athletes. The Elevation Training Mask (Training Mask LLC) (ETM) allows the application of hypoxia during exercise. The ETM is integrated into training routines increasing the physical stimulus to improve performance.

Objective: We evaluated the impact of ETM on Workouts of the Day (WODs), muscular and hormonal behavior in CrossFit® athletes.

Material and method: Prospective cohort study. During 12 weeks 20 CrossFit® athletes trained 60 minutes 3 days a week were randomly divided into 2 groups, control group (CG) (n=10) and ETM group (EG) (n=10) applying an additional progressive simulated altitude between 914 and 2743 meters. WODs (press, squat, deadlift, total CF and grace), macular markers: lactate dehydrogenase (LDH); creatine kinase (CK); myoglobin (Mb) and hormones: testosterone (T); cortisol (C), were evaluated at 2 time points of the study: day 1 (T1) and day 84 (T2).

Results: All WODs and parameters LDH, CK, Mb, T and C showed no significant difference ($p > 0.05$) in the time group interaction. In EG, a substantially lower percentage change (Δ) between T1 and T2 was observed in Mb (-16.01±25.82%), CK (6.16±26.05%) and C (-0.18±4.01%) than in CG (Mb: -0.94±4.39%; CK: 17.98±27.19%; C: 4.56±3.44%). The Δ T1-T2 in the WODs were similar.

Conclusion: After 12 weeks of training under simulated hypoxia conditions with ETM there are no improvements in athletic performance assessed by WODs. However, the greater tendency to decrease Mb, CK and C, after using ETM, could stimulate recovery and indicate a lower muscle catabolism of the CrossFit® athlete in the long term.

Key words:

Elevation Training Mask. Hypoxia. Sport Performance. Muscle. Hormones. CrossFit®.

Primer Premio a la mejor comunicación científica de las IX Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte; Zaragoza, 2020

Correspondencia: Diego Fernández Lázaro
E-mail: diego.fernandez.lazaro@uva.es

Introducción

Las exigencias en el deporte de alta competición empujan a buscar sistemas que mejoren los resultados. Desde la década de los 60 el estímulo de la hipoxia en los deportistas se ha utilizado como un método para mejorar el rendimiento atlético¹. El entrenamiento hipóxico (EH) induce modificaciones sobre varios sistemas del organismo, incluyendo los sistemas nervioso central, cardiorrespiratorio, hormonal y muscular, que no se producen en condiciones de normoxia o, si lo hacen, lo hacen en menor grado².

En los últimos años, en el campo de la medicina deportiva, la simulación del entrenamiento en altura ha funcionado para generar adaptaciones beneficiosas tanto para la salud como para los resultados deportivos del individuo³. Estos métodos no tienen las desventajas de los viajes y los gastos asociados, ni reducen la intensidad del entrenamiento por la estancia prolongada en altitud¹. De este modo, se han popularizado el uso de variados métodos de simulación de altitud para inducir un estímulo hipóxico normobárico, o reducir al mínimo la cantidad de aire que se permite consumir a un sujeto^{4,5}. Estos métodos se postulan como una estrategia ergogénica entre los deportistas para aumentar las adaptaciones del entrenamiento⁶. Actualmente, se han comenzado a comercializar dispositivos, para inducir/simular condiciones hipóxicas, que son de fácil adquisición y bajo coste para el atleta profesional, el deportista recreacional y el público en general⁷, en comparación con las cámaras hipobarométricas, o los dispositivos portátiles para la exposición a hipoxia disponibles en el mercado, como el Altitrainer® o el Hipoxicador GO₂ Altitude®.

Específicamente, es la Máscara de Entrenamiento de Elevación o "Elevation Training Mask" (ETM) un nuevo dispositivo que se usa durante el entrenamiento y que el fabricante describe como un "dispositivo de ejercicio con resistencia a la inhalación y con capacidad ajustable". La ETM pretende simular el entrenamiento en altitud (914 a 5.486 metros) a través de la restricción de oxígeno (O₂), proporcionando esta condición durante la respiración a través de un sistema de válvulas de flujo diseñadas para limitar la cantidad de aire que entra en la máscara⁸. La simulación de altitud de la ETM no genera una situación hipobárica (presión parcial de O₂ reducida), pero provoca una leve hipoxemia arterial como consecuencia de una frecuencia respiratoria reducida ocasionada por la restricción respiratoria producida por los tapones de resistencia y el sistema de válvulas de flujo (Figura 1). Adicionalmente, la hipoxemia podría agudizarse por la re-inspiración de dióxido de carbono (CO₂), y el subsiguiente desplazamiento de la curva de disociación del O₂⁹.

Se conoce que el EH incrementa cambios pronunciados en las concentraciones de lactato (LA) en deportistas cuando se compara con el entrenamiento normóxico¹⁰. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la concentración de LA entre los grupos control y el grupo que empleaba la ETM durante la realización de ejercicio de forma continuada¹¹. Fernández-Lázaro *et al.*¹ describieron que un programa de estimulación de hipoxia en combinación con el entrenamiento fue capaz de estimular mejoras sobre el perfil hematológico que las relacionaron con ganancias en las pruebas de evaluación de rendimiento deportivo. Durante el entrenamiento con la ETM, el perfil hematológico de los deportistas no se modifica^{12,13}. Estas razones justificarían y corroborarían

Figura 1. Tapones de resistencia y sistema valvular de la Elevation Training Mask 2.0.



que la ETM no imita o simula situaciones de altitud. Adicionalmente, la restricción valvular al flujo de aire de la ETM aumenta el trabajo de los músculos respiratorios, lo que podría estimular mejoras en el rendimiento de resistencia, a través del entrenamiento de los músculos respiratorios (EMR)¹⁴. Aunque se ha demostrado que el uso del ETM durante un programa de entrenamiento de alta intensidad de varias semanas de duración no incrementa la función pulmonar^{7,12,13}. Por lo tanto, aunque no se inducen cambios fisiológicos asociados a la ETM^{7,11-13} si se reportan mejoras sobre los marcadores específicos del rendimiento cuando se compara con un entrenamiento idéntico sin la ETM^{7,12,13}.

El CrossFit® (CF) es un nuevo y popular método de ejercicio que implica movimientos funcionales realizados a alta intensidad. El entrenamiento se realiza en base a movimientos funcionales llamados entrenamientos del día o "Workouts of the day" (WODs). En estas sesiones de entrenamiento todos los WODs se ejecutan a la máxima intensidad de forma rápida, repetitiva y con poco o ningún tiempo de recuperación entre ellos^{15,16}.

Actualmente se desconoce si la ETM comprometería la capacidad de entrenar en las intensidades elevadas que exige el CF. La falta de evidencia de los mecanismos de la ETM en el rendimiento deportivo requiere una considerable investigación para desarrollar protocolos que optimicen el equilibrio entre la eficacia y seguridad sobre los efectos biológicos, derivados del uso de la ETM, pero fundamentalmente en la seguridad hormonal y la respuesta muscular, que hasta el momento no han sido estudiadas. Por estas razones nos propusimos evaluar la influencia de los regímenes de entrenamiento de alta intensidad de sujetos que practicaban CF con la utilización de la ETM en relación al rendimiento en los WODs, la respuesta hormonal, testosterona (T) y cortisol (C), y las enzimas de la actividad muscular (daño e inflamación), producidas por el programa de entrenamiento de CF en estas condiciones.

Material y método

Se realizó un estudio de cohorte prospectivo. Veinte deportistas masculinos voluntarios de CF participaron en el estudio, aleatorizado y controlado sin placebo, que evaluó el efecto de la ETM 2.0 (Training Mask LLC, Cadillac, Michigan) durante un periodo de 12 semanas de entrenamiento sobre el rendimiento deportivo, la respuesta muscular y el comportamiento hormonal. El protocolo siguió las recomendaciones

de la Declaración de Helsinki, además el estudio fue revisado y aprobado por el comité de ética de la investigación con medicamentos del área de Valladolid Este (PI 19-1361).

Examen físico

Todos los sujetos, firmaron un consentimiento informado. Los participantes fueron estudiados mediante un examen cardio-pulmonar y electrocardiográfico, además de completar un cuestionario médico previo al ingreso para el estudio. Ninguno de los deportistas de CF fumaba, bebía alcohol o tomaba medicamentos o sustancias ilegales capaces de alterar la respuesta muscular, hormonal o el rendimiento deportivo. No hubo ninguna lesión antes o durante la realización de la prueba, ya que fueron descartadas por la historia y el examen clínico. Todos los sujetos siguieron la misma dieta durante el estudio, supervisada por un nutricionista.

Sujetos

Los participantes fueron reclutados mediante un método de muestreo aleatorio de dos grupos. El grupo estudio (GE), con empleo de ETM, incluyó un total de 10 deportistas de CF masculinos ($n=10$) ($38,4 \pm 3,8$ años; índice de masa corporal $24,6 \pm 2,7$ Kg/m²; $51,5 \pm 6,5$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) y el grupo control (GC) de 10 deportistas de CF masculinos ($n=10$) ($36,7 \pm 5,3$ años; índice de masa corporal $22,9 \pm 3,1$ Kg/m²; $53,1 \pm 7,3$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) sin uso de ETM. Todos los sujetos del estudio ($n=20$) poseían al menos, un año de experiencia practicando la disciplina de CF. Además, ningún participante fue expuesto recientemente de forma previa a la altitud, hipoxia o aclimatado, excepto que viven en Salamanca (802 metros) o Soria (1.063 metros).

Entrenamiento

Los entrenamientos durante las 12 semanas de estudio se basaron en 3 sesiones semanales en días alternos. Cada sesión fue de una hora y se fragmentó en un trabajo específico de calentamiento, fuerza y/o técnica de destreza, un entrenamiento programado de fuerza o acondicionamiento de entre 10 y 30 minutos, y enfriamiento y/o trabajo de movilidad. Cada entrenamiento fue supervisado por un entrenador de CF Nivel 1 certificado. Todos los sujetos realizaron las mismas rutinas de actividad física para garantizar que todos llevaban a cabo el mismo entrenamiento durante el estudio.

Evaluación dietética

Para calcular y registrar la composición de nutrientes y la ingesta de energía de los alimentos y bebidas consumidos por los deportistas se siguió la metodología empleada en otros de nuestros estudios anteriores^{17,18}.

Uso de la *Elevation Training Mask*

La ETM fue empleada en las sesiones 36 de entrenamiento durante las 12 semanas del estudio. En la primera semana, la simulación de altitud adicional fue de 914 metros y, posteriormente, en la segunda,

de 1.829 metros con el fin de acostumbrarse a la restricción del flujo aéreo y como proceso de aclimatación a la simulación de altitud. Para las semanas posteriores y, hasta finalizar el estudio, la altitud simulada fue de 2.743 metros adicionales a la altitud de donde se desarrolló el entrenamiento.

Extracción y análisis de sangre

Se tomaron muestras de sangre venosa antecubital de los deportistas de CF el primer día de estudio (T1) sin uso previo de la ETM y tras 12 semanas de entrenamiento con la ETM (T2). Para la recolección, extracción y transporte de las muestras de sangre de los deportistas se empleó la metodología de los estudios de Fernández-Lázaro *et al.*^{1,17}.

Las concentraciones séricas de lactato deshidrogenasa (LDH), creatina quinasa (CK) y mioglobina (Mb) se midieron mediante la reacción de quimioluminiscencia enzimática¹⁷. La T total y C se determinaron por ensayos inmunoenzimáticos¹⁹.

Los cambios porcentuales en el volumen plasmático (% ΔPV) se calcularon usando la ecuación de Van Beaumont. Además, los valores de los marcadores analíticos fueron ajustados para los cambios en el volumen plasmático; se utilizó la siguiente fórmula: Valor corregido = Valor no corregido × ((100 + % ΔPV) / 100)¹⁷.

Evaluación del rendimiento deportivo

El rendimiento de los sujetos fue evaluado a través de diferentes WODs siguiendo los protocolos internacionales de ejecución en CF¹⁵. Las pruebas realizadas fueron: sentadilla de espalda (*back squat*), presa de hombro (*press*) y peso muerto (*deadlift*), *CF Total* y *Grace*.

Determinación del esfuerzo percibido

Antes de la extracción de sangre, se pidió a los participantes que calificaran su malestar muscular percibido en cada punto de tiempo (T1 y T2) utilizando la escala CR-10 de Borg validada para calificar el esfuerzo percibido (RPE)^{20,21}.

Análisis estadístico

Los tratamientos fueron asignados de forma aleatoria mediante Random Sequence Generator. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando IBM Statistical Package (SPSS Versión 22) y Graphpad Prism (Graphpad Software Versión 6.01 San Diego, CA). Los datos se expresaron como media ± desviación estándar (DS). Las diferencias en los parámetros se evaluaron mediante una prueba de Scheffé, para identificar diferencias significativas entre T1 y T2 de forma independiente. Se consideraron diferencias significativas para $p < 0,05$. Además, se utilizó un ANOVA de medidas repetidas para examinar la existencia de un efecto de interacción del entrenamiento con ETM (tiempo por grupo) en todos los parámetros evaluados. Los cambios porcentuales de las variables estudiadas en cada grupo entre las pruebas basales (T1) y las post-ETM (T2) se calcularon como Δ (%): $[(T2 - T1) / T1] \times 100$. Las diferencias entre grupos de los cambios Δ (%) se evaluaron mediante una prueba de muestras independientes paramétrica o no, después de que se hubiera confirmado la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk.

Resultados

Ingesta dietética

No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los grupos de estudio (GC y GE) para la ingesta calórica total, de vitaminas y minerales (Tabla 1).

Marcadores musculares

En la Tabla 2, se muestran los marcadores del comportamiento muscular (LDH, CK y Mb) en dos momentos del estudio, T1 y T2. En ambos grupos (GC y GE) no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en los parámetros musculares analizados, a excepción de la LDH en el GE que se observa un aumento con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre los dos tiempos del estudio (T1: $167,55 \pm 21,30$ U/L vs T2: $189,80 \pm 27,69$ U/L) (Figura 2). Ningún de los marcadores musculares analizados mostró en sus valores una diferencia significativa ($p > 0,05$) en la interacción grupo por tiempo.

La Tabla 3 muestra los cambios porcentuales al final del estudio de los parámetros musculares. No existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre LDH, CK y MB. Sin embargo, se observó un mayor aumento en el GE de la LDH ($12,75 \pm 15,01\%$) y una importante tendencia descendente en la Mb ($-16,01 \pm 25,82\%$) y un menor aumento de la CK ($6,16 \pm 26,05\%$) en GE con respecto al GC (CK: $17,98 \pm 27,19\%$).

Comportamiento hormonal

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en las hormonas T y C entre ambos grupos (GC y GE) durante las 12 semanas del estudio. Además, tampoco existieron diferencias significativas

Tabla 2. Marcadores bioquímicos del comportamiento muscular y la respuesta hormonal a lo largo de dos momentos del estudio, T1 al inicio del estudio y T2 tras 12 semanas en los deportistas de CrossFit® del grupo control (GC) y del grupo de estudio (GE) con la Elevation Training Mask.

	T1	T2	P (T x G)
LDH (U/L) [135 – 250 U/L]			
GC	200,00±46,49	195,71±33,70	NS
GE	167,55±21,30	189,80±27,69 *	
Creatina-Quinasa (U/L) [38 – 190 U/L]			
GC	437,56±467,80	500,22±510,25	NS
GE	301,20±237,51	315,70±232,48	
Mioglobina (ng/ml) [28 – 72 ng/ml]			
GC	32,67±17,38	33,33±21,17	NS
GE	38,00±26,25	26,11±5,55	
Testosterona total (ng/ml) [2,49 – 8,36 ng/ml]			
GC	6,19±0,87	6,52±0,91	NS
GE	6,19±1,03	6,39±1,06	
Cortisol (ug/dl) [6,0 – 18,4 ug/dl]			
GC	17,79±3,69	18,32±3,88	NS
GE	17,80±2,55	17,53±3,70	

Los datos son expresados en media ± desviación estándar.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

P (T x G): ANOVA de 2 factores (tiempo por grupo).

*: Diferencia significativa entre T1 y T2 ($p < 0,05$).

NS: No significativa.

Valores de referencia entre corchetes.

Tabla 3. Porcentaje de cambio de los marcadores bioquímicos del comportamiento muscular y la respuesta hormonal en el grupo control (GC) y en el grupo estudio (GE) con la Elevation Training Mask durante las 12 semanas de entrenamiento.

	Δ (T1-T2)	P
LDH (%)		
GC	-0,18±28,19	0,620
GE	12,75±15,01	
Creatina-Quinasa (%)		
GC	17,98±81,59	0,296
GE	6,16±26,05	
Mioglobina (%)		
GC	-0,94±4,39	0,289
GE	-16,01±25,82	
Testosterona total (%)		
GC	5,79±0,57	0,762
GE	3,60±0,52	
Cortisol (%)		
GC	4,56±3,44	0,649
GE	-0,18±4,01	

Los datos son expresados en media ± desviación estándar.

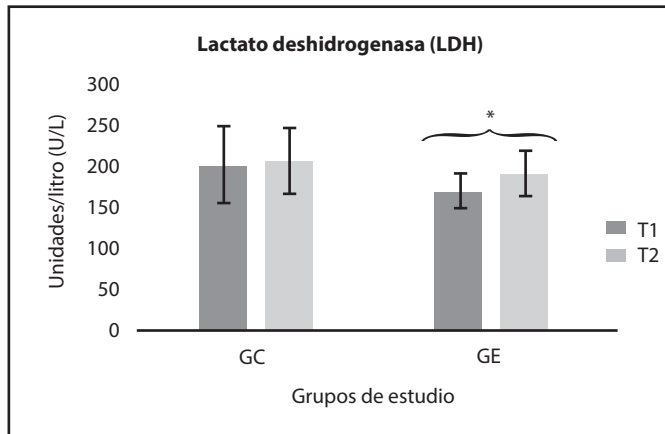
Δ (T1-T2) = ((T2-T1) / T1) * 100

P: Diferencias estadísticas entre grupos

Tabla 1. Ingesta de energía y micronutrientes. Media diaria en cada grupo de deportistas de CrossFit® del grupo estudio (GE) y el grupo control (GC) durante las 12 semanas de estudio.

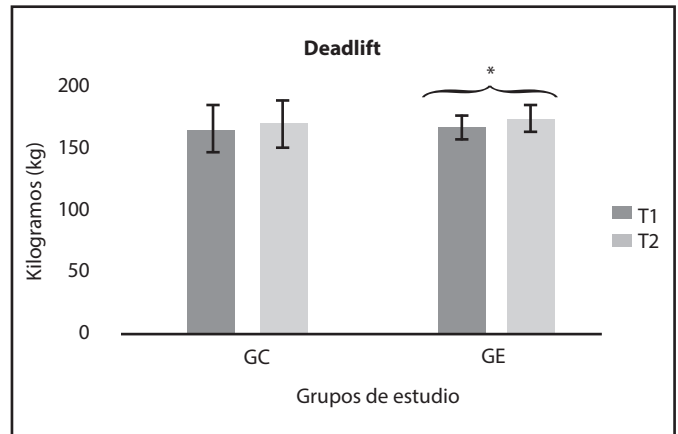
Grupo	Grupo Estudio (GE)	Grupo Control (GC)	P	Cantidad diaria recomendada*
Energía (kcal/kg)	38,3±5,8	39,7±5,2	0,273	
Ca (mg)	1036±214	1082±193	0,345	1000
Mg (mg)	542±99	551±95	0,863	320
P (mg)	2123±66	2076±84	0,583	700
Fe (mg)	21,1±4,6	23,5±5,7	0,801	10
Zn (mg)	13,7±0,8	14,7±0,8	0,699	8
Vitamina A (µg)	1859±1180	2002±775	0,659	689
Vitamina E (mg)	17,0±2,5	17,3±1,6	0,466	15
Tiamina (mg)	2,62±0,20	2,80±0,62	0,526	1,1
Riboflavina (mg)	2,76±0,23	2,75±0,28	0,693	1,1
Niacina (mg)	40,0±7,1	38,2±3,9	0,815	14
Vitamina B6 (mg)	4,11±0,73	4,36±0,94	0,831	1,3
Ácido Fólico (mg)	634±171	636±169	0,885	400
Vitamina B12 (µg)	9,12±3,91	9,35±3,11	0,877	2,4
Vitamina C (µg)	347±138	356±119	0,733	700

Figura 2. Lactato deshidrogenasa (LDH) de dos momentos del estudio, T1 al inicio del estudio y T2 tras 12 semanas en los deportistas de CrossFit® del grupo control (GC) y del grupo de estudio (GE) con la *Elevation Training Mask*.



*: Diferencia significativa entre T1 y T2 (p < 0,05)
Grupo control (GC); Grupo estudio (GE)

Figura 3. *Deadlift* de dos momentos del estudio, T1 al inicio del estudio y T2 tras 12 semanas en los deportistas de CrossFit® del grupo control (GC) y del grupo de estudio (GE) con la *Elevation Training Mask*.



*: Diferencia significativa entre T1 y T2 (p < 0,05)
Grupo control (GC); Grupo estudio (GE)

Tabla 4. Pruebas de rendimiento, “*Workouts of the day*” (WODs), a lo largo de dos momentos del estudio, T1 al inicio del estudio y T2 tras 12 semanas en los deportistas de CrossFit® del grupo control (GC) y del grupo de estudio (GE) con la *Elevation Training Mask*.

	T1	T2	P (T x G)
Press (kg)			
GC	70,83±10,69	76,67±10,80*	NS
GE	69,17±11,58	80,00±11,40*	
Squat (kg)			
GC	142,50±28,94	149,17±23,11	NS
GE	128,33±15,71	131,67±11,25	
Deadlift (kg)			
GC	160,83±19,34	165,83±18,28	NS
GE	162,50±9,87	170,00±10,49*	
CF total (kg)			
GC	374,17±47,48	391,67±37,24*	NS
GE	360,00±35,36	381,67±30,93*	
Grace (segundos)			
GC	30,17±5,08	24,33±4,46*	NS
GE	28,00±6,23	22,67±5,92*	

Los datos son expresados en media ± desviación estándar.
Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé
P (T x G): ANOVA de 2 factores (tiempo por grupo)
*: Diferencia significativa entre T1 y T2 (p < 0,05)
NS: No significativa

Tabla 5. Porcentaje de cambio en las pruebas de rendimiento, “*Workouts of the day*” (WODs), en el grupo control (GC) y en el grupo estudio (GE) con la *Elevation Training Mask* durante las 12 semanas de entrenamiento.

	Δ (T1-T2)	P
Press (%)		
GC	8,52±3,76	0,614
GE	10,70±3,76	
Squat (%)		
GC	5,70±9,83	0,126
GE	4,89±6,06	
Deadlift (%)		
GC	3,32±6,33	0,639
GE	3,78±4,18	
CF total (%)		
GC	5,07±16,05	0,624
GE	5,43±9,83	
Grace (%)		
GC	-24,73±2,48	0,524
GE	-23,46±1,63	

Los datos son expresados en media ± desviación estándar.
Δ (T1-T2) = ((T2-T1) / T1) * 100
P: Diferencias entre grupos.

(p > 0,05) en la interacción grupo por tiempo (Tabla 2). El GC tuvo un mayor porcentaje de cambio para la T (5,79±0,57%) y el GE mostró un cambio porcentual negativo (-0,18±4,01%) para el C (Tabla 3).

Rendimiento deportivo

La Tabla 4 muestra los resultados de las pruebas de rendimiento en T1 y T2. Se observó tanto en el GC (T1: 374,17±47,48 kg vs T2: 391,67±37,24 kg) y GE (T1: 360,00±35,36 kg vs T2: 381,67±30,93 kg) un aumento en los kilogramos totales estadísticamente significativo

Tabla 6. Determinación del Esfuerzo percibido BORG CR-10 a lo largo de dos momentos del estudio, T1 al inicio del estudio y T2 tras 12 semanas en los deportistas de CrossFit® del grupo control (GC) y del grupo de estudio (GE) con la Elevation Training Mask.

Test	Grupo	Tiempo		P (T x G)
		T1	T2	
BORG CR-10	GC	5,23±3,13	5,32±3,24	NS
	GE	5,70±1,29	5,86±1,16	

Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

P (T x G): ANOVA de 2 factores (tiempo por grupo)

*: Diferencia significativa entre T1 y T2 (p <0,05)

NS: No significativa; Grupo Control: GC; Grupo Estudio: GE

(p <0,05) para la prueba de CF total. Además, se midió una disminución estadísticamente significativa (p <0,05) de los segundos para completar Grace en el GC (T1: 30,17±5,08 s vs T2: 24,33±4,46 s) y GE (T1: 28,00 6,23 s vs T2: 22,67±5,92 s). Únicamente en el GE se observa una mejora significativa (p <0,05) en el *deadlift* (T1: 162,50±9,87 vs T2: 170,00±10,49) (Figura 3). En ninguno de los WODs evaluados mostró una diferencia significativa (p >0,05) en la interacción grupo por tiempo.

Los cambios porcentuales (Tabla 5), fueron similares para (GC y GE) en el WOD CF (GC: 5,07±16,05% vs GE: 5,43±9,83%) y Grace (GC: -24,73±2,48% vs GE: -23,46±1,63%).

Determinación del esfuerzo percibido

La Tabla 6 muestra el RPE en el GC, la escala de Borg CR10 indica que no existen diferencias significativas (p >0,05) entre T1 y T2 en ambos grupos (GC y GE). Además, tampoco existieron diferencias significativas (p >0,05) en la interacción grupo por tiempo.

Discusión

El propósito del presente estudio fue investigar el efecto (36 sesiones de entrenamiento) de la ETM en el rendimiento del CF mediante los WODs, examinando el comportamiento muscular y la variación hormonal en deportistas de CF recreativos. Hasta donde sabemos, este es el primer estudio de estas características. El ensayo utilizó una metodología de entrenamiento diseñada para provocar un alto grado de fatiga que permita la evaluación bioquímica y hormonal, además de ser usada como un programa enfocado a la mejora del rendimiento en los WODs. Por los resultados de nuestro estudio, el uso de la ETM no condicionó la programación total de entrenamiento de los participantes. Además, no se reportó ningún efecto secundario derivado del uso de la ETM que hiciera abandonar el ensayo. Por lo tanto, uso de la ETM durante el entrenamiento de CF fue bien tolerado, lo que confirmaría la ausencia de diferencias significativas en el RPE entre GC y CE, de la misma forma que el estudio de Granados *et al.*⁹ y de forma contraria al estudio de Jagim *et al.*⁶ en levantadores de pesas. Tal vez nuestros resultados serían derivados del proceso de aclimatación a la ETM realizado en las dos primeras semanas de estudio.

En relación a la evaluación deportiva, los principales hallazgos tras 12 semanas de entrenamiento con ETM son que no existen mejoras del rendimiento deportivo evaluadas mediante los WODs entre las dos situaciones (GC y GE). Aunque observamos que el uso de la ETM presenta un incremento significativo en *deadlift* y un mayor porcentaje de mejora en el CF, que es el sumatorio de tres WODs. Estos resultados son acordes con los reportados por otros autores^{7,12,13}, aunque los resultados entre grupos (GC y GE) no fueron significativos, hubo un mayor aumento en el GE que llevaba el ETM en comparación con el grupo de control que no lleva la máscara para el volumen máximo de O₂ (VO_{2max})^{7,12,13} o la potencia anaeróbica evaluada mediante el test *power output* en una prueba estandarizada de cicloergómetro¹². Una hipótesis de mejora del rendimiento, por el uso de la ETM, podría atribuirse a que el EH optimiza la respuesta muscular debido al aumento de ciertas hormonas, como la T²², y la acumulación de metabolitos que sirven como componentes en la señalización de las vías anabólicas clave que estimulan el reclutamiento de fibras musculares contribuyendo a la hipertrofia y al aumento de la fuerza muscular^{23,24}. Este ambiente hipóxico, que permitiría el EH, podría conseguirse al realizar un ejercicio de alta intensidad con ETM y potencialmente proporcionaría beneficios similares a los del entrenamiento de altitud²⁵, como son incrementos en las variables del rendimiento²⁶⁻²⁸. Además, la restricción del flujo respiratorio que ocasiona la ETM permite el EMR que aumentaría el rendimiento en el WOD CF relacionado con el posible retraso en el desencadenamiento del reflejo metabólico de la musculatura respiratoria (RMMR) y el rendimiento respiratorio aumentado³.

Jagim *et al.*⁶ reportaron que la velocidad máxima durante la ejecución de movimientos estandarizados como *back squat* y *bench press* en levantadores de pesas era menor en la condición ETM, aunque sin diferencias significativas entre grupos. Del mismo modo hemos observado en el WOD Grace (30 movimientos / tiempo) una menor velocidad e intensidad de ejecución en el GE, también sin diferencias significativas entre las dos condiciones del estudio. Aunque no hemos analizado los valores de concentración sanguínea de LA, un estudio⁶ comprobó que el LA recogido al finalizar cada ejercicio resultaron ser inferiores en la condición ETM después de las pruebas de levantamiento de peso en comparación con los valores de LA en la condición sin ETM. Esto podría justificarse por las diferencias en los patrones de reclutamiento de fibras musculares rápidas durante el ejercicio en los GC y GE⁶. La reducción en el reclutamiento de fibras musculares rápidas sugiere un comienzo más temprano de la fatiga muscular²⁹ afectando al potencial para alcanzar la velocidad de ejecución máxima durante el WOD Grace con la ETM. Además, los dispositivos de ETM indujeron acidosis respiratoria por el aumento de la respiración de CO₂, del mismo modo que ocurre con instrumentos de EMR³⁰. Esta restricción de O₂ puede dar lugar a adaptaciones relacionadas con una mayor capacidad tampón amortiguadora que haría disminuir el LA en sangre¹¹. Por lo tanto, el potencial para alcanzar la intensidad máxima durante el WOD Grace también podría verse comprometido, con la ETM, por la disminución del LA en la sangre como consecuencia del efecto amortiguador⁶.

Los ejercicios intensos de pesas, isométricos y excéntricos, presentes en los entrenamientos de CF, establecieron influencias positivas en la composición del cuerpo y la aptitud física, pero también existe un riesgo elevado de daño del musculo esquelético¹⁶. Esta situación

desencadena una fatiga temprana, estrés oxidativo adicional, menor capacidad de desarrollo de ejercicio, mayor percepción de esfuerzo, y ejecución de movimientos inseguros³¹. La monitorización individual mediante la determinación de biomarcadores musculares podría determinar la carga de entrenamiento y minimizar estos riesgos³². Los altos niveles circulantes de enzimas de como la LDH, la CK, y la Mb son indicativos de un aumento del daño muscular inducido por el ejercicio (*Exercise Induced Muscle Damage*) (EIMD) que afectan negativamente a los deportistas porque reducen el rendimiento en el ejercicio y también pueden poner en riesgo su salud³².

Los hallazgos de nuestro estudio reportan que la CK aumenta 10 puntos porcentuales menos en el GE ($6,16 \pm 26,05\%$) que en el GC ($17,98 \pm 81,59\%$) y la disminución de la concentración de Mb ($-16,01 \pm 25,82\%$) tras 12 semanas de ETM, mientras que los niveles de Mb se mantuvieron prácticamente constantes ($-0,94 \pm 4,39\%$) en la condición sin máscara. Estos resultados parecen indicar que el entrenamiento con ETM podría modular y prevenir daño muscular producido por el entrenamiento de CF asociado con reducciones de CK y Mb con respecto al GC. El ambiente hipóxico generado con el ejercicio de CF simultáneamente con la ETM²⁵, podría ser el responsable del descenso de Mb, de la misma forma que Villa *et al.*³³ y Fernández-Lázaro *et al.*² describieron en situaciones de hipoxia y actividad física. Dado que se sabe que el ejercicio y la hipoxia controlan la función mitocondrial, y que actúan positivamente sobre el EIMD a través del factor inducible por hipoxia (HIF), que juega un papel esencial en la activación de una cascada molecular de señalización después de la exposición a la hipoxia^{34,35}. La ETM podría modular la expresión de HIF y de esta forma atenuar los daños histopatológicos musculares derivados del CF.

El C se libera en de la corteza suprarrenal en respuesta a las tensiones psicofísicas y se han descrito aumentos significativos de C después del ejercicio de resistencia que altera las adaptaciones de entrenamiento por el efecto catabólico directo³². Se ha descrito que la hipoxia afecta a la función en el eje hipotálamico-pituitario-adrenal y aumenta los niveles de hormona adrenocorticotropa (ACTH) en el plasma. Además, la hipoxia estimula la expresión de la proteína reguladora aguda esteroideogénica, aumenta la secreción de glucocorticoides como el C²² y disminuye la T³⁶. A lo largo de nuestro estudio se han mantenido constantes los niveles de C en GE ($-0,18 \pm 4,01\%$) sin embargo ha aumentado en GC ($4,56 \pm 3,44\%$), lo que podría sugerir que en entrenamiento de CF con ETM es adecuado. Es decir, la estabilización de los niveles de C, además del ligero aumento de T ($3,60 \pm 0,52\%$) permitiría la activación de la síntesis de proteínas, el efecto antiglucocorticoide, la secreción del factor de crecimiento insulínico 1 (IGF-1) y la hormona del crecimiento (GH). De tal manera que esta situación fisiológica tendría influencia sobre células satélites musculares que podría contribuir en parte a generar mayor fuerza muscular, menor daño muscular y potenciar una mejor recuperación del entrenamiento^{2,23,37}. Por tanto, la mejor relación catabólica/anabólica establecida en la condición de ETM contribuiría a las mejoras significativas en los WODs a largo plazo.

En este estudio deben considerarse algunas limitaciones. Una limitación importante del presente estudio radica en el hecho de que no se incluyó una máscara falsa o placebo en el GC. En segundo lugar, este estudio sólo se ha probado en una condición con una altitud de resistencia de 2.743 metros (tras dos primeras semanas de aclimatación

a 914 y 1.890 metros respectivamente) a pesar de que la compañía introduce varias resistencias de altitud (914 m a 5.486 m). Por lo tanto, aplicando diferentes altitudes, es decir resistencias durante el ejercicio, pueden dar lugar a resultados diferentes. Otra limitación en nuestro estudio fue el pequeño tamaño de la muestra. La inclusión de un mayor número de sujetos proporcionaría una mayor base para eliminar el error debido a las diferencias individuales.

En conclusión, tras 12 semanas de entrenamiento con el dispositivo ETM no existen mejoras del rendimiento deportivo, evaluadas mediante los WODs, en comparación con el grupo control. Sin embargo, si existen mejoras significativas en CF y Grace entre T1 y T2 en el GE. Además, la mayor tendencia porcentual en la disminución de Mb y C, conjuntamente con el menor incremento de la CK tras el uso ETM, podrían estimular la recuperación e indicar un menor catabolismo muscular del atleta de Crossfit® a largo plazo. Es importante reseñar que los resultados del estudio actual sugieren que el uso de la ETM durante el entrenamiento no obstaculiza la capacidad de alcanzar las cargas de trabajo deseadas o el volumen de entrenamiento en practicantes de CF. La ETM no parece afectar negativamente a las percepciones subjetivas como el RPE, y tampoco supone un riesgo de eventos adversos, por no reportarse ninguno después de las 12 semanas del estudio. Estos eventos deberían considerarse antes de implementar el dispositivo ETM en un programa de entrenamiento en futuros estudios que son necesarios para determinar si la modesta condición hipóxica o el aumento del trabajo de los músculos respiratorios son los estímulos responsables de las potenciales mejoras del rendimiento atlético.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Departamento de Biología Celular, Histología y Farmacología y al Grupo de Investigación en Neurobiología de la Universidad de Valladolid.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Caballero García A, Pascual Fernández J, Córdova Martínez A. Artificial altitude training strategies: Is there a correlation between the haematological and physical performance parameters? *Arch Med Deporte*. 2020;37:35-42.
2. Fernández-Lázaro D, Díaz J, Caballero A, Córdova A. The training of strength-resistance in hypoxia: effect on muscle hypertrophy. *Biomedica*. 2019;39:212-20.
3. Fernández-Lázaro D. Ergogenic strategies for optimizing performance and health in regular physical activity participants: evaluation of the efficacy of compressive cryotherapy, exposure to intermittent hypoxia at rest and sectoralized lung training. [Internet]. León; 2020 [cited 2021 Apr 30]. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=286163>
4. Córdova Martínez A, Pascual Fernández J, Fernández-Lázaro D, Álvarez Mon M. Muscular and heart adaptations of exercise in hypoxia. Is training in slow hypoxia healthy? *Med Clin*. 2017;148:469-74.
5. Orhan O, Bilgin U, Cetin E, Oz E, Dolek BE. The effect of moderate altitude on some respiratory parameters of physical education and sports' students. *J Asthma*. 2010;47:609-13.
6. Jagim AR, Dominy TA, Camic CL, Wright G, Doberstein S, Jones MT, et al. Acute effects of the elevation training mask on strength performance in recreational weight lifters. *J Strength Cond Res*. 2018;32:482-9.

7. Biggs NC, England BS, Turcotte NJ, Cook MR, Williams AL. Effects of simulated altitude on maximal oxygen uptake and inspiratory fitness. *Int J Exerc Sci*. 2017;10:127-36.
8. Trainingmask. User manual "Elevation Training Mask". [Internet]. Web page 2021. [cited 2021 Apr 30]. Available from: www.trainingmask.com.
9. Granados J, Gillum TL, Castillo W, Christmas KM, Kuennen MR. "Functional" respiratory muscle training during endurance exercise causes modest hypoxemia but overall is well tolerated. *J Strength Cond Res*. 2016;30:755-62.
10. Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ. Endurance training at altitude. *High Alt Med Biol*. 2009;10:135-48.
11. Barbieri JF, Gáspari AF, Teodoro CL, Motta L, Castaño LAA, Bertuzzi R, et al. The effect of an airflow restriction mask (ARM) on metabolic, ventilatory, and electromyographic responses to continuous cycling exercise. *Plos*. 2020;15:e0237010.
12. Porcari JP, Probst L, Forrester K, Doberstein S, Foster C, Cress ML, et al. Effect of wearing the elevation training mask on aerobic capacity, lung function, and hematological variables. *J Sports Sci*. 2016;15:379-86.
13. Cress ML, Forrester K, Probst L, Foster C, Doberstein S, Porcari JP. Effect of wearing the Elevation Training Mask on aerobic capacity, lung function, and hematological variables. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48:1040-1.
14. Illi SK, Held U, Frank I, Spengler CM. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. *Br J Sports Med*. 2012;42:707-24.
15. Butcher SJ, Neyedly TJ, Horvey KJ, Benko CR. Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Br J Sports Med*. 2015;6:241-7.
16. Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, de Sá Souza H, Miranda RC, Mezêncio B, et al. Crossfit overview: systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018;4:11.
17. Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Caballero-García A, Martínez AC, Seco-Calvo J, Fernández-Lázaro CI. Compressive cryotherapy as a non-pharmacological muscle recovery strategy with no adverse effects in basketball. *Arch Med Deporte*. 2020;37:183-90.
18. Córdova A, Mielgo-Ayuso J, Fernandez-Lázaro D, Roche E, Caballero-García A. Impact of magnesium supplementation in muscle damage of professional cyclists competing in a stage race. *Nutrients*. 2019;11:1927.
19. Córdova Martínez A, Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Seco-Calvo J, Caballero García A. Effect of magnesium supplementation on muscular damage markers in basketball players during a full season. *Magnes Res*. 2017;30:61-70.
20. Borg E, Kaijser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16:57-69.
21. Dawes HN, Barker KL, Cockburn J, Roach N, Scott O, Wade D. Borg's rating of perceived exertion scales: Do the verbal anchors mean the same for different clinical groups? *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:912-6.
22. Hwang G-S, Chen S-T, Chen T-J, Wang S-W. Effects of hypoxia on testosterone release in rat Leydig cells. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2009;297:E1039-E45.
23. Kon M, Ikeda T, Homma T, Akimoto T, Suzuki Y, Kawahara T. Effects of acute hypoxia on metabolic and hormonal responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:1279-85.
24. Scott BR, Slattery KM, Sculley D V, Dascombe BJ. Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. *Br J Sports Med*. 2014;44:1037-54.
25. Jung HC, Lee NH, John SD, Lee S. The elevation training mask induces modest hypoxaemia but does not affect heart rate variability during cycling in healthy adults. *Biol Sport*. 2019;36:105-12.
26. Hamlin MJ, Hellems J. Effect of intermittent normobaric hypoxic exposure at rest on haematological, physiological, and performance parameters in multi-sport athletes. *J Sports Sci*. 2007;25:431-41.
27. Otegui AU, Zorita SG, Sanz JMM, Collado ER. The efficacy of a high-intensity exercise program under intermittent hypoxia for the improvement of strength-endurance. *Rev Española Educ Física y Deporte*. 2012;397:63-74.
28. Sanchez AMJ, Borrani F. Effects of intermittent hypoxic training performed at high hypoxia level on exercise performance in highly trained runners. *J Sports Sci*. 2018;36:2045-52.
29. Sanchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sport Exerc*. 2011;43:1725-34.
30. Smolka L, Borkowski J, Zaton M. The effect of additional dead space on respiratory exchange ratio and carbon dioxide production due to training. *Med Sci Sport Exerc*. 2014;13:36-43.
31. Bergeron MF, Nindl BC, Deuster PA, Baumgartner N, Kane SF, Kraemer WJ, et al. Consortium for Health and Military Performance and American College of Sports Medicine consensus paper on extreme conditioning programs in military personnel. *Curr Sports Med Rep*. 2011;10:383-9.
32. Fernández-Lázaro D, Fernandez-Lazaro CI, Mielgo-Ayuso J, Navascués LJ, Martínez AC, Seco-Calvo J. The role of selenium mineral trace element in exercise: Antioxidant defense system, muscle performance, hormone response, and athletic performance. A systematic review. *Nutrients*. 2020;12:1790.
33. Villa JG, Lucía A, Marroyo JA, Avila C, Jiménez F, García-López J, et al. Does intermittent hypoxia increase erythropoiesis in professional cyclists during a 3-week race? *Can J Appl Physiol*. 2005;30:61-73.
34. Rizo-Roca D, Ríos-Kristjánsson JG, Núñez-Espinosa C, Santos-Alves E, Goncalves IO, Magalhães J, et al. Intermittent hypobaric hypoxia combined with aerobic exercise improves muscle morphofunctional recovery after eccentric exercise to exhaustion in trained rats. *J Appl Physiol*. 2017;122:580-92.
35. Rizo-Roca D, Ríos-Kristjánsson JG, Núñez-Espinosa C, Santos-Alves E, Magalhães J, Ascensão A, et al. Modulation of mitochondrial biomarkers by intermittent hypobaric hypoxia and aerobic exercise after eccentric exercise in trained rats. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42:683-93.
36. Hu Y, Asano K, Mizuno K, Usuki S, Kawakura Y. Comparisons of serum testosterone and corticosterone between exercise training during normoxia and hypobaric hypoxia in rats. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;78:417-21.
37. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sport Med*. 2005;35:339-61.

Espíritu **UCAM** Espíritu Universitario

Miguel Ángel López

Campeón del Mundo en 20 km. marcha (Pekín, 2015)
Estudiante y deportista de la UCAM



- **Actividad Física Terapéutica** ⁽²⁾
- **Alto Rendimiento Deportivo:**
 - **Fuerza y Acondicionamiento Físico** ⁽²⁾
- **Performance Sport:**
 - **Strength and Conditioning** ⁽¹⁾
- **Audiología** ⁽²⁾
- **Balneoterapia e Hidroterapia** ⁽¹⁾
- **Desarrollos Avanzados de Oncología Personalizada Multidisciplinar** ⁽¹⁾
- **Enfermería de Salud Laboral** ⁽²⁾
- **Enfermería de Urgencias, Emergencias y Cuidados Especiales** ⁽¹⁾
- **Fisioterapia en el Deporte** ⁽¹⁾
- **Geriatría y Gerontología:**
 - **Atención a la dependencia** ⁽²⁾
- **Gestión y Planificación de Servicios Sanitarios** ⁽²⁾
- **Gestión Integral del Riesgo Cardiovascular** ⁽²⁾
- **Ingeniería Biomédica** ⁽¹⁾
- **Investigación en Ciencias Sociosanitarias** ⁽²⁾
- **Investigación en Educación Física y Salud** ⁽²⁾
- **Neuro-Rehabilitación** ⁽¹⁾
- **Nutrición Clínica** ⁽¹⁾
- **Nutrición y Seguridad Alimentaria** ⁽²⁾
- **Nutrición en la Actividad Física y Deporte** ⁽¹⁾
- **Osteopatía y Terapia Manual** ⁽²⁾
- **Patología Molecular Humana** ⁽²⁾
- **Psicología General Sanitaria** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Presencial ⁽²⁾ Semipresencial

Efectos del entrenamiento de fuerza sobre las capacidades determinantes de la salud en hombres mayores de 65 años: una revisión sistemática

Juan Valiente-Poveda, Daniel Castillo, Javier Raya-González

Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Isabel I. Burgos.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00054

Recibido: 18/09/2020

Aceptado: 21/05/2021

Resumen

Introducción: El envejecimiento lleva asociado una reducción de los niveles de actividad física, propiciando la disminución de la fuerza y masa muscular, y afectando a la capacidad funcional mínima para mantener una vida independiente. La literatura coincide en que el entrenamiento de fuerza es una de las estrategias más importante para frenar los efectos de la edad, dado que se ha demostrado que es efectiva para incrementar la masa muscular y la fuerza, propiciando mejoras en la capacidad funcional del adulto mayor. Por ello, el objetivo del presente estudio fue analizar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre los factores condicionantes de la salud y calidad de vida (p.e., composición corporal, fuerza muscular y capacidad funcional) en adultos masculinos mayores de 65 años.

Material y método: Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed SPORTdiscus, y Web Of Science (WOS) de acuerdo con las líneas de recomendación para revisiones sistemáticas y meta-análisis PRISMA. Para ello, se utilizaron los términos de búsqueda relacionados con la población objetivo (adultos mayores masculinos) y el tipo de entrenamiento aplicado (entrenamiento de fuerza).

Resultados: Tras aplicar las estrategias de búsqueda, se obtuvieron un total de 2196 artículos. Tras la lectura de título y resumen se eliminaron 1687 artículos. Tras la revisión de los textos completos, se eliminaron 151 artículos y se seleccionaron 9, los cuales cumplieron los criterios de inclusión, por lo que fueron incluidos en esta revisión sistemática.

Conclusiones: Los resultados sugieren la importancia de orientar el entrenamiento de fuerza seleccionando el tipo de carga (moderada, alta o combinada) más adecuada para conseguir los objetivos individuales de cada hombre adulto mayor con la intención de optimizar sus niveles de composición corporal, capacidad funcional, masa muscular y fuerza máxima, para consecuentemente, mejorar su calidad de vida.

Palabras clave:

Adulto. Actividad física. Salud. Entrenamiento con cargas.

Effects of strength training on health determinants in men over 65 years: a systematic review

Summary

Introduction: Aging is associated with a reduction in physical activity levels, leading to a decrease in strength and muscle mass, and affecting the minimum functional capacity to maintain an independent life. The literature agrees that strength training is one of the most important strategies to curb the effects of age, since it has been shown to be effective in increasing muscle mass and strength, promoting improvements in the functional capacity of the elderly. Therefore, the aim of this study was to analyze the effects of strength training on the conditioning factors of health and quality of life (e.g., body composition, muscle strength and functional capacity) in male adults over 65 years of age.

Material and method: A data search were conducted in PubMed, SPORTdiscus and Web Of Science (WOS) databases according to the recommendations and criteria established in the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis (PRISMA) statement guidelines. For this, the search terms related to the target population (male older adults) and the type of training applied (strength training) were used.

Results: After applying the search strategies, a total of 2196 articles were obtained. After reading the title and abstract, 1687 articles were eliminated. After reading the full text, 151 articles were eliminated and 9 were selected, which met the inclusion criteria and were therefore included in this review.

Conclusions: The results suggest the importance of focus the strength training programs to the individual demands of each older adult man, in order to optimize its effects, and ultimately, improve their quality of life.

Key words:

Adult. Physical activity. Health. Resistance training.

Correspondencia: Daniel Castillo

E-mail: danicasti5@gmail.com

Introducción

La evolución demográfica en los países desarrollados refleja un envejecimiento de la población, debido al aumento de la esperanza de vida y al descenso de los índices de natalidad^{1,2}. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en 2018 la esperanza de vida era de 80,43 años para los hombres y 85,80 para las mujeres, con una tendencia al alza para los años posteriores. Esto repercute en el envejecimiento de la población, de tal manera que actualmente el 19,2% de la población española tiene más de 65 años y en 2033 se incrementará hasta alcanzar el 25,2% (INE, 2018). En este sentido, el envejecimiento es un problema de gran magnitud, no solo por sus repercusiones socioeconómicas, sino también por los cambios que se producen en los sujetos, los cuales se suelen asociar a una reducción de su calidad de vida¹.

En este sentido, se ha demostrado que el envejecimiento lleva consigo un declive fisiológico constatado principalmente por el deterioro de los sistemas neuromuscular, cardiovascular y pulmonar³⁻⁵. Sin embargo, es la degeneración del sistema muscular propiciada por la pérdida progresiva de fuerza y masa muscular la que limita la capacidad funcional e independencia del adulto mayor^{6,7}, incrementando el riesgo de sufrir una enfermedad e incluso la muerte⁸. Esta pérdida de la masa muscular, la fuerza y el funcionamiento de los músculos en los adultos mayores es conocida comúnmente como sarcopenia⁹.

Dado que un cierto nivel de fuerza es necesario para realizar cualquier actividad de la vida diaria, al perder funcionalidad los adultos mayores deberán incrementar el esfuerzo físico ante una misma actividad, lo que implica trabajar sobre una intensidad relativa mayor respecto a su máxima capacidad¹⁰, generando así una mayor fatiga ante la misma tarea¹¹. Este reto fisiológico hace que el adulto mayor disminuya su actividad física¹² y, como si de un ciclo de autopropagación se tratase, a medida que se reduce la actividad física va perdiendo fuerza y masa muscular¹³. Por otro lado, con el incremento de la inactividad a consecuencia de la debilidad muscular, se produce una pérdida de movilidad y capacidad funcional¹⁴, la cual afectará negativamente al riesgo de caídas, generando un mayor deterioro en el adulto mayor¹⁵.

Existe una robusta evidencia científica que sustenta la teoría de que el ejercicio físico podría revertir esta situación^{12,16-19}. Concretamente, en las últimas décadas el entrenamiento de fuerza se ha consolidado como la principal estrategia para reducir déficits de fuerza y masa muscular en adultos mayores²⁰. En este sentido, gran cantidad de estudios previos han aplicado diferentes programas de entrenamiento de fuerza en hombres adultos mayores, diferenciados básicamente por la carga utilizada, aunque con resultados similares en relación con la ganancia de fuerza muscular. Por ejemplo, Radaelli *et al.*²¹ aplicaron un programa de fuerza basado en cargas moderadas (50-65% de una repetición máxima (1RM)) y observaron ganancias significativas de fuerza en la prueba de 1RM en el ejercicio de extensión de rodilla ($P < 0,05$) e incrementos en el grosor y la calidad muscular de cuádriceps ($P < 0,05$). Por otro lado, Mitchel *et al.*²² utilizaron cargas altas (85% 1RM) y obtuvieron incrementos significativos ($P < 0,05$) en la prueba de 1RM de prensa de pierna, extensión de rodilla y press de banca tras el periodo de intervención. Otros autores aplicaron protocolos de fuerza basados en la combinación de cargas moderadas y altas (del 65% al 95% de 1RM), mostrando

resultados significativos ($p < 0,05$) en el aumento de la masa libre de grasa, en la reducción de la masa grasa e incrementos en la fuerza del tren inferior y superior²³.

Sin embargo, a pesar de que el entrenamiento de fuerza ha demostrado repercutir positivamente en la mejora de la función muscular del mayor adulto, actualmente no existe un consenso evidenciado sobre qué tipo de entrenamiento de fuerza es el más adecuado y genera efectos más beneficiosos, ya que dependiendo de las cargas utilizadas se podrían obtener resultados diferentes. Por tanto, el objetivo principal de esta revisión fue analizar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre las capacidades determinantes de la salud en hombres adultos mayores atendiendo a las cargas utilizadas [i.e., moderadas (50-80% 1RM), altas (> 80% 1RM) o combinadas].

Material y método

Para llevar a cabo esta revisión sistemática, se siguieron las recomendaciones de la declaración PRISMA²⁴. Se realizó una revisión de la literatura científica con el objetivo de analizar los efectos del entrenamiento de fuerza en aquellas capacidades condicionantes de la salud en personas mayores (>65 años). Para ello, se consultaron artículos científicos originales, de carácter experimental, en inglés y español con un filtro temporal desde el 1 de enero del año 2014 hasta 15 febrero del 2019. Las bases de datos consultadas fueron Pubmed, SPORTdiscus, y Web of Science (WOS).

La estrategia de búsqueda resultó de la combinación de los siguientes descriptores: "elderly" and "older adult" (población objetivo); "strength training", "resistance training", "power training", "heavy resistance training", "moderate resistance training", "low resistance training", "maximal strength training", "velocity-based training", "circuit-based training", "high speed resistance training", "resistance exercise", "velocity-based resistance training", "circuit training", "high-velocity resistance training", "concurrent training", "multicomponent training" (entrenamiento de fuerza).

La búsqueda final se llevó a cabo utilizando la siguiente combinación de términos: (elderly OR "older adult") AND ("strength training" OR "resistance training" OR "power training" OR "heavy resistance training" OR "moderate resistance training" OR "low resistance training" OR "maximal strength training" OR "velocity-based training" OR "circuit-based training" OR "high speed resistance training" OR "resistance exercise" OR "velocity-based resistance training" OR "circuit training" OR "High-velocity resistance training" OR "concurrent training" OR "multicomponent training")

Los criterios de inclusión utilizados fueron: (a) utilizar como muestra de estudio a hombres sanos mayores de 65 años, (b) aplicar un programa de entrenamiento de fuerza evaluado a través de una prueba pre-post, (c) presentar la intensidad del programa indicada como porcentaje de 1RM y (d) artículos publicados en revistas internacionales de impacto indexadas en la Web of Science, mientras que los criterios de exclusión fueron: (a) estudios que no tenían carácter experimental, (b) aplicación de los programas de entrenamiento no fue supervisada directamente, (c) programas de intervención en los que el entrenamiento de fuerza se combinaba con el entrenamiento de otras cualidades, (d) programas de entrenamiento de fuerza combinados con una intervención nutricional

y (e) intervenciones de menos de 6 semanas de duración. El proceso de búsqueda se realizó de manera independiente por 2 autores (J.V.-P. y J.R.-G.) y en los casos que generaron discrepancias se consultó a un tercer autor (D.C.).

Resultados

En la búsqueda preliminar fueron encontrados 2.196 artículos. Los artículos fueron filtrados eliminando en primer lugar las referencias duplicadas extraídas de las diferentes bases de datos, resultando en un total de 1847 artículos. Posteriormente, estos artículos se filtraron por lectura de título y resumen, resultando en un total de 160 referencias. Finalmente, se llevó a cabo una lectura completa de los artículos cribados aplicando los criterios de inclusión y exclusión para obtener un total de 9 artículos para la revisión sistemática (Figura 1).

El tamaño muestral de los 9 estudios seleccionados fue de 128 participantes, incluyendo únicamente a los sujetos experimentales. El rango de edad de los participantes estuvo comprendido entre los 50-80 años. Un análisis de los protocolos de entrenamiento permitió identificar que la duración más utilizada fue de 12 semanas (55%). En cuanto a la frecuencia semanal de entrenamiento, se constató que 3 días por semana fue la frecuencia más utilizada con un 77%, seguido

de 2 días (44%). Atendiendo a la carga utilizada, 2 estudios utilizaron cargas moderadas, 3 cargas altas y 5 cargas combinadas. Los estudios incluidos en la revisión, así como sus principales características se presentan en la Tabla 1.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre las capacidades determinantes de la salud en hombres adultos atendiendo a las cargas utilizadas (i.e., moderadas, altas o combinadas).

Atendiendo a los efectos provocados por el entrenamiento de fuerza con cargas moderadas, Sundstrup *et al.*²⁵ aplicaron un programa de entrenamiento durante 12 semanas que consistió en un circuito con ejercicios de fuerza implicando a los principales músculos de tren inferior y superior. La intensidad osciló entre el 70-80% 1RM, realizando 3-4 series de cada ejercicio oscilando el número de repeticiones entre 8 y 12. Tras el periodo de intervención, los adultos mayores obtuvieron mejoras significativas en la fuerza concéntrica (14%; $p < 0,01$) e isométrica del cuádriceps (23%; $p < 0,001$), así como en la fuerza isométrica de musculatura isquiosural (44%, $p < 0,0001$) medida mediante un dinamómetro isocinético. Además, se observaron mejoras del 18% en la prueba de subir de escaleras ($p < 0,05$) y del 21% en el test de levantarse de la silla ($p < 0,05$). Siguiendo con las cargas moderadas, Zdzieblik *et al.*²⁶ llevaron a cabo un programa de entrenamiento de fuerza con intensidad del 65-80% 1RM durante 12 semanas. Los adultos mayores realizaron este programa frecuencia de 3 días a la semana, el cual estuvo compuesto por 4 ejercicios, 2 para el tren inferior (prensa de pierna y sentadilla) y 2 para el tren superior (press banca y jalón al pecho). En cuanto al volumen de entrenamiento, se realizaron 3 series de 15 repeticiones en las semanas 1-4, 10 repeticiones en las semanas 5-9 y 8 repeticiones en las semanas 10-12. Los resultados mostraron un incremento de la masa libre de grasa y la masa ósea, así como una reducción de la masa grasa. Además, este programa de fuerza con cargas moderadas permitió a los adultos mayores aumentar su fuerza muscular y mejorar su control neuromuscular.

Respecto al uso de cargas altas con adultos mayores, Baptista *et al.*²⁷ analizaron el efecto de un programa de fuerza con cargas del 80% del 5RM sobre las propiedades neuromusculares y estructurales del complejo musculotendinoso del cuádriceps de 23 adultos mayores. Este programa tuvo una duración de 12 semanas, se realizó con una frecuencia de 2 días por semana y se basó en un único ejercicio, extensión de rodilla, realizado en un régimen concéntrico o excéntrico. Tras el periodo de intervención se observó que ambos protocolos incrementaron la fuerza máxima de la musculatura extensora de la rodilla y redujeron la longitud de fascículo del vasto lateral e incrementaron su ángulo de penneación. Del mismo modo, se encontraron aumentos significativos en la longitud del tendón patelar en ambos grupos, mientras que un aumento en la sección transversal anatómica del tendón solo se vio aumentada de forma significativa por el entrenamiento excéntrico. Estas variaciones anatómicas tras la inclusión del citado programa de entrenamiento de fuerza parecen repercutir en el equilibrio dinámico de los adultos mayores. Por último, tras el periodo

Figura 1. Diagrama de flujo que describe el procedimiento de la revisión sistemática.

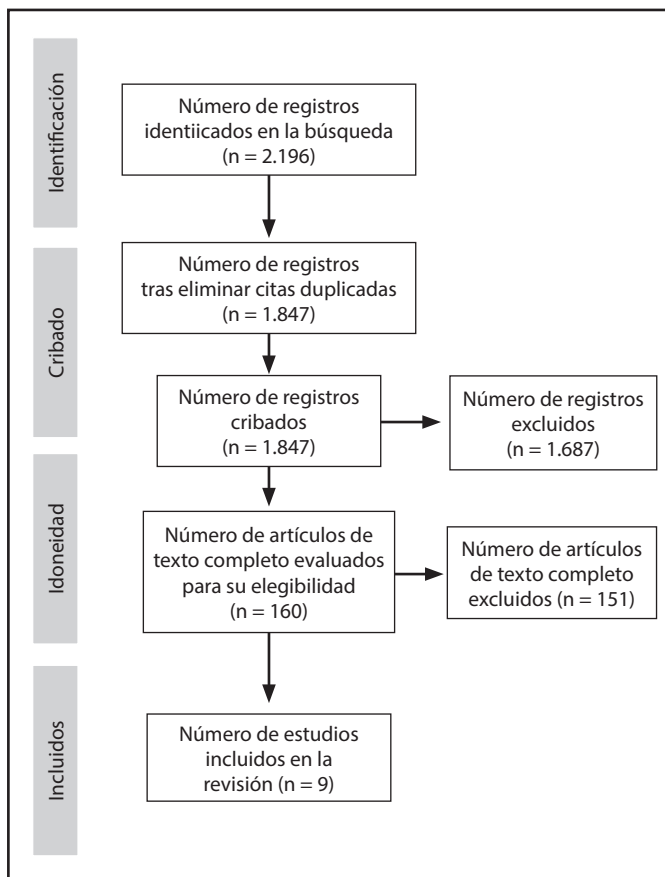


Tabla 1. Programas de entrenamiento de fuerza aplicados en hombres adultos mayores.

Estudio	Muestra	Cargas utilizadas	Protocolo de entrenamiento	Resultados
Zdzieblik <i>et al.</i> (2015)	27 hombres (72.2 ± 4.68 años)	Moderadas	12 semanas 3d/semana 65-80% 1RM. Jalón al pecho; prensa de pierna; press banca; sentadilla por detrás.	↑MLG, ↑MO, ↑FM y ↓MG (p<0,001) y ↑FIQ y ↑CSM; (p<0,01).
Sundstrup <i>et al.</i> (2016)	9 hombres (68.2 ± 3.2 años).	Moderadas	Mes 1: [16-20 rep. (50-60% RM)]. Meses del 2-12: [8-12 rep. (70-80% RM)]. 3-4 series 3 días a la semana Recuperación: 1 min 30 seg Prensa pierna; extensión rodilla sentado; <i>curl</i> de bíceps femoral tumbado pron; jalón al pecho; elevaciones laterales; <i>lunges</i> mancuernas; remo sentado.	↓18% tiempo subir escaleras (p<0,05) ↑FCQ (14%; p<0,01) ↑FIQ (23%; p<0,001) ↑FIH (44%; p<0,0001).
Beurskens <i>et al.</i> (2015)	19 hombres (60-80 años)	Altas	13 semanas 3d/semana 3 series x 10 rep. (80% 1RM). Recuperación: 2'. Prensa pierna; extensión de rodilla; extensión de tobillo; dorsiflexión plantar.	FIM pierna izq.: ↑10%, p<0,001, d=2,3. FIM pierna drcha.: ↑8% p<0,05, d=1,8. FIM bilateral: ↑26%, p<0,001, d=5,7. DBL: ↓78%, p<0,001, d=3,4.
Mitchell <i>et al.</i> (2015)	16 hombres (74 ± 5,4 años)	Altas	12 semanas 3d/semana; 4series 85% 1RM. Prensa de pierna; extensión de pierna; <i>curl</i> bíceps femoral; extensión de tobillo 45°; press banca; jalón al pecho; press de hombros; remo sentado; <i>curl</i> bíceps; extensión de codo en polea alta.	↑1RM en prensa de pierna; extensión rodilla; press banca (p<0,05) ↑Fibras tipo I (p<0,008)
Baptista <i>et al.</i> (2016)	23 hombres (62.74 ± 3.2 años)	Altas	12 semanas 2d/semanas 80% de 5RM (4 rep.). Grupo concéntrico y grupo excéntrico	Ambos grupos ↑Fuerza extensión de rodilla Ambos grupos ↑longitud tendón patelar, pero CSA tendón patelar solo en EXC, (p<0,05). Ambos grupos ↓longitud fascículo VL y ↑ ángulo penneacion sin cambios en grosor muscular. Ambos grupos ↑ torque isométrico y dinámico de la musculatura extensora rodilla.
Andersen <i>et al.</i> (2014)	9 hombres (68.2 ± 3.2 años)	Combinadas	16 semanas 2d/semana Semanas 1-4: 3 series x 16-20 RM (50-60%). Semanas 5-8: 3 series x 12 RM (70%). Semanas 9-12: 3 series x 10 RM (75%). Semanas 12-16: 4 series x 8 RM (80%). Prensa de pierna; extensión de rodilla sentado; <i>curl</i> bíceps femoral; jalón al pecho; elevaciones laterales mancuernas	↓FC caminando, (p<0,05) ↓10%; FC carrera y [La]: 30% (p<0,001). ↑STS: ↑26%
Schmidt <i>et al.</i> (2014)	9 hombres (68.2 ± 3.2 años)	Combinadas	12 meses. Mes 1-4: 2d/semana 3series. Recuperación: 90" Mes 5-12: 3d/semana 4series. Recuperación: 90" Mes 1: 16-20 RM (50-60% 1RM) Mes 2: 12 RM (67% 1RM) Mes 3: 10 RM (75% 1RM) Mes 4 a 12: 8 RM (80% 1RM). Prensa pierna; extensión de rodilla sentado; <i>curl</i> de bíceps femoral; jalón al pecho; elevaciones laterales con mancuernas.	↑ 5% (p<0,05) fracción de eyección del VI, sin cambios significativos en la función diastólica del VI.
Villanueva <i>et al.</i> (2014)	7 hombres (68.1 ± 6.1 años).	Combinadas	12 semanas 3d/semana. 2-6 series Día 1: 12-8 RM. 67-80% Día 2: 6-3 RM. 85-93% Día 3: 6-4 RM. 70% potencia Prensa pierna 45°; press banca máquina; jalón al pecho; remo sentado; subidas escalón con mancuernas; peso muerto rumano con mancuernas; extensión y flexión de rodilla.	↑MLG (semana 6) (p<0,05). ↓MG (p=0,05). ↓%GC (semana 12) (p=0,05). ↑VO _{2max} (semana 6 y semana 12) (p<0,01)

(continúa)

Estudio	Muestra	Cargas utilizadas	Protocolo de entrenamiento	Resultados
Fernández-Lezaun <i>et al.</i> (2017)	29 hombres (69 ± 3 años)	Combinadas	9 meses. 1, 2 o 3 d/ semana, según grupo. Meses 1-3: 2-3 series x 15-20 repeticiones (40-60% 1RM) Mes 4: 2-3 series x 10-12 repeticiones (60-75% 1RM) Mes 5: 2-4 series x 8-10 repeticiones (75-80% 1RM) Mes 6: 2-4 series x 4-6 repeticiones (85-90% 1RM) Mes 7: 3-4 series x 8-12 repeticiones (60-85% 1RM) Mes 8: 3-5 series x 4-6 repeticiones (85-90% 1RM)	Meses 1-3: Todos grupos ↑VO ₂ (p<0,05). Meses 4-9: sin mejoras significativas. ↑1RM meses 1-3 todos grupos excepto M2 y meses 4-9 solo en M3.

Abreviaturas: rep: repeticiones; FCQ: fuerza concéntrica de cuádriceps; FIQ: fuerza isométrica de cuádriceps; FIH: fuerza isométrica de musculatura isquiosural; MO: masa ósea; MLG: masa libre de grasa; MG: masa grasa; GC: gasto cardiaco; FM: fuerza muscular; CSM: control sensoriomotor; CSA: área de la sección transversal; FIM: fuerza isométrica máxima; DBL: déficit bilateral; STS: test de sentarse y levantarse; VI: ventrículo izquierdo;

de intervención ambos grupos incrementaron el torque isométrico y dinámico de la fuerza excéntrica y concéntrica de la rodilla. En esta línea, Beurskens *et al.*²⁸ estudiaron los efectos de un programa de entrenamiento con cargas del 80% 1RM sobre la máxima producción de fuerza isométrica (FIM) unilateral y bilateral y sobre el déficit de fuerza bilateral. La intervención se llevó a cabo con 58 hombres durante 13 semanas y con una frecuencia de 3 días por semana y se realizaron 3 series de 10 repeticiones de los ejercicios prensa de pierna, extensión de rodilla, extensión de tobillo y dorsiflexión plantar. Tras la aplicación de este programa de entrenamiento, se observó un incremento de la fuerza isométrica máxima, tanto bilateral como unilateral, así como una reducción del déficit de fuerza bilateral de los participantes. Por último, Mitchell *et al.*²² analizaron los efectos del entrenamiento de fuerza con cargas altas sobre el nivel de fuerza e hipertrofia en 16 adultos mayores. Para ello, diseñaron un programa de entrenamiento de fuerza basado en los ejercicios de press de banca, prensa de pierna, jalón al pecho, extensión de rodilla, press militar, *curl* de bíceps femoral y *curl* de bíceps. Este programa se llevó a cabo durante 12 semanas y con una frecuencia semanal de 3 días, con una carga de entrenamiento de 4 series al 85% de 1RM. Tras su aplicación, se observaron mejoras en el 1RM de prensa de piernas, extensión de rodilla, así como un incremento en el porcentaje de fibras tipo I, aunque no en las fibras tipo II.

En relación a los estudios que aplicaron programas basados en cargas combinadas, Andersen *et al.*²⁹ analizaron el efecto de una intervención multi-ejercicio de 16 semanas con una frecuencia semanal de 3 días sobre la frecuencia cardiaca, el rendimiento de la capacidad funcional y respuesta fisiológica a la prueba de andar a 4,5 km·h⁻¹, en test submáximos de carrera y en test incremental máximo en cicloergómetro (consumo de oxígeno máximo, lactato, tiempo hasta extenuación). La carga aplicada progresó desde las 3 series de 16-20 repeticiones al 50-60% 1RM, en las primeras 4 semanas, hasta las 4 series al 80% en las semanas 12-16. Al finalizar el periodo de intervención, los adultos mayores disminuyeron su frecuencia cardiaca caminando y en carrera, además de mostrar una menor concentración pico de lactato en la prueba de carrera. Además, se observaron mejoras del 26% en el test de sentarse y levantarse. El segundo estudio en el que se aplicaron cargas combinadas es el desarrollado por Fernández-Lezaun *et al.*³⁰, quienes analizaron los efectos de la frecuencia de un programa de fuerza sobre

la capacidad cardiorrespiratoria y valores de fuerza. El estudio transcurrió durante 9 meses con una frecuencia semanal diferente según el grupo (1, 2 o 3 sesiones). La carga de entrenamiento osciló desde 4-6 repeticiones a 15-20, series entre 2-5 e intensidad del 30 al 90% del 1RM. Tras la intervención se observó que durante los meses 1-3, todos los grupos mejoraron el consumo máximo de oxígeno, aunque durante los meses 4-9 no se observaron mejoras en ninguno de los test realizados. Finalmente, durante los meses 1-3 todos los grupos mejoraron en 1RM de prensa de pierna excepto el grupo que realizó 2 sesiones semanales y durante los meses 4-9 solo mejoró el grupo de 3 sesiones semanales. Posteriormente, Schmidt *et al.*³¹ estudiaron los efectos de un programa de fuerza con cargas combinadas de 12 meses de duración sobre adaptaciones cardiovasculares en adultos mayores masculinos. La intensidad del programa varió desde el 40% de 1RM hasta el 90% del 1RM, aplicadas en los ejercicios prensa de pierna, extensión de rodilla, *curl* de bíceps femoral, jalón al pecho y elevaciones laterales con mancuernas. Tras la intervención se observó un incremento del 5% en la fracción de eyección del ventrículo izquierdo sin cambios significativos en el resto de los marcadores analizados. Por último, Villanueva *et al.*²³, analizaron los efectos de un programa de fuerza cargas combinadas aplicado durante 12 semanas con una frecuencia de 3 días semanales, variando la carga de entrenamiento cada uno de estos días. En este sentido, el día 1 se realizaban 8-12 repeticiones la 67-80% 1RM; el día 2, 3-6 repeticiones al 85-93% y el día 3 se realizaban de 4 a 6 repeticiones al 70% 1RM. Los ejercicios empleados en este programa fueron prensa de pierna a 45°, press banca en máquina, jalón al pecho, remo sentado, subidas a escalón con mancuernas, peso muerto rumano con mancuernas y extensión y flexión de rodillas. Tras la aplicación del programa de fuerza se observó un aumento de la masa libre de grasa así como una reducción en la masa grasa. Además se redujo el gasto cardiaco y aumento el consumo máximo de oxígeno

Conclusión

En general, durante las primeras fases del entrenamiento, y principalmente en adultos desentrenados, el entrenamiento de fuerza parece ser una estrategia segura y eficaz para la mejora de la composición corporal, fuerza muscular y la capacidad funcional en hombres adultos

mayores. Específicamente, las cargas moderadas parecen ser adecuadas para la mejora de la composición corporal, la capacidad funcional y la fuerza isométrica, posiblemente por ser cargas ubicadas en la zona de máxima producción de potencia en la curva fuerza-velocidad. Por otro lado, las cargas altas parecen tener una mayor incidencia sobre la fuerza y la masa muscular, aspecto fundamental para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. Finalmente, el entrenamiento de fuerza con cargas combinadas parece mejorar la capacidad funcional y cardiovascular de los adultos mayores, así como su composición corporal. Los resultados de esta revisión sistemática sugieren la importancia de orientar el entrenamiento de fuerza a los objetivos individuales de cada hombre adulto mayor, de cara a optimizar sus efectos, y en definitiva, mejorar su calidad de vida.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del subproyecto Enfoque de método mixto en el análisis de rendimiento (en entrenamiento y competición) en el deporte de élite y academia [PGC2018-098742-B-C33] (2019-2021) [del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)], que forma parte del proyecto coordinado New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0].

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Porcel MA, Valpuesta ER. Ageing in Spain: It's a challenge or social problem? *Gerokomos*. 2012;23:151–5.
- Guijarro M, Peláez Ó. La longevidad globalizada: un análisis de la esperanza de vida en España (1900-2050). *Scr Nova Rev Electrónica Geogr y Ciencias Soc*. 2008;12:256–80.
- Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol*. 1991;71:644–50.
- Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Mälkiä E, et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol*. 1998;84:1341–9.
- Izquierdo M, Ibañez J, Gorostiaga E, Garrues M, Zúñiga A, Antón A, et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand*. 1999;167:57–68.
- Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjær M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: Strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:49–64.
- Larsson L, Degens H, Li M, Salvati L, Lee Y II, Thompson W, et al. Sarcopenia: Aging-related loss of muscle mass and function. *Physiol Rev*. 2019;99:427–511.
- Mesquita AF, da Silva EC, Eickemberg M, Roriz AKC, Barreto-Medeiros JM, Ramos LB. Factores asociados con la presencia de sarcopenia en ancianos institucionalizados. *Nutr Hosp*. 2017;34:345–51.
- Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2010;39:412–23.
- Hortobágyi T, Mizelle C, Beam S, DeVita P. Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci*. 2003;58:453–60.
- Seguin R, Nelson ME. The benefits of strength training for older adults. *Am J Prev Med*. 2003;25:141–9.
- Taylor D. Physical activity is medicine for older adults. *Postgrad Med J*. 2014;90:26–32.
- Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*. 2004;34:329–48.
- Volaklis KA, Halle M, Meisinger C. Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. *Eur J Intern Med*. 2015;26:303–10.
- Hindmarsh JJ, Estes EH. Falls in Older Persons: Causes and interventions. *Arch Intern Med*. 1989;149:2217–22.
- Hupin D, Roche F, Gremeaux V, Chatard JC, Oriol M, Gaspoz JM, et al. Even a low-dose of moderate-to-vigorous physical activity reduces mortality by 22% in adults aged ≥60 years: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2015;49:1262–7.
- Landi F, Marzetti E, Martone AM, Bernabei R, Onder G. Exercise as a remedy for sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2014;17:25–31.
- Marzetti E, Calvani R, Tosato M, Cesari M, Di Bari M, Cherubini A, et al. Physical activity and exercise as countermeasures to physical frailty and sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*. 2017;29:35–42.
- Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: Recommendation from the american college of sports medicine and the american heart association *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1435–45.
- Casas Herrero Á, Cadore EL, Martínez Velilla N, Izquierdo Redin M. El ejercicio físico en el anciano frágil: Una actualización. *Revista Espanola de Geriatria y Gerontologia*. 2015;50:74–81.
- Radaelli R, Wilhelm EN, Botton CE, Rech A, Bottaro M, Brown LE, et al. Effects of single vs. multiple-set short-term strength training in elderly women. *Age*. 2014;36:1–11.
- Mitchell CJ, Oikawa SY, Ogborn DJ, Nates NJ, MacNeil LG, Tarnopolsky M, et al. Daily chocolate milk consumption does not enhance the effect of resistance training in young and old men: A randomized controlled trial. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014;40:199–202.
- Villanueva MG, He J, Schroeder ET. Periodized resistance training with and without supplementation improve body composition and performance in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114:891–905.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009. 6:e1000100.
- Sundstrup E, Jakobsen MD, Andersen LL, Andersen TR, Randers MB, Helge JW, et al. Positive effects of 1-year football and strength training on mechanical muscle function and functional capacity in elderly men. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116:1127–38.
- Zdzieblik D, Oesser S, Baumstark MW, Gollhofer A, König D. Collagen peptide supplementation in combination with resistance training improves body composition and increases muscle strength in elderly sarcopenic men: A randomised controlled trial. *Br J Nutr*. 2015;114:1237–45.
- Batista A, Monteiro CP, Borrego R, Matias CN, Teixeira FJ, Valamatos MJ, et al. Association between whey protein, regional fat mass, and strength in resistance-trained men: A cross-sectional study. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2019;44:7–12.
- Beurskens R, Gollhofer A, Muehlbauer T, Cardinale M, Granacher U. Effects of heavy-resistance strength and balance training on unilateral and bilateral leg strength performance in old adults. *PLoS One*. 2015;10.
- Andersen TR, Schmidt JF, Nielsen JJ, Randers MB, Sundstrup E, Jakobsen MD, et al. Effect of football or strength training on functional ability and physical performance in untrained old men. *Scand J Med Sci Sport*. 2014;24:76–85.
- Fernández-Lezaun E, Schumann M, Mäkinen T, Kyröläinen H, Walker S. Effects of resistance training frequency on cardiorespiratory fitness in older men and women during intervention and follow-up. *Exp Gerontol*. 2017;95:44–53.
- Schmidt JF, Hansen PR, Andersen TR, Andersen LJ, Hornstrup T, Krstrup P, et al. Cardiovascular adaptations to 4 and 12 months of football or strength training in 65- to 75-year-old untrained men. *Scand J Med Sci Sport*. 2014;24:86–97.

Guía de protección del médico del deporte ante el dopaje

Medical protection guide against doping

Pedro Manonelles, José Luis Terreros Blanco (Coordinadores), Fernando Ávila España, Juan José Castro García, Jorge De las Heras Romero, Miguel Del Valle Soto, Luis Franco Bonafonte, Teresa Gaztañaga Aurrecoetxea, Juan Garcia-Nieto Portabella, Agustín González González, Manuela González Santander, Fernando Jiménez Díaz, Cesáreo López Rodríguez, Zigor Montalvo Zenarruzabeitia, Juan José Muñoz Benito, Isabel Ornaque Lazaro, Javier Pérez Ansón, Santiago Rivera Jofré, Juan José Rodríguez Sendín, Serafín Romero Agüit, Agustín Ruiz Caballero, M^º Carmen Vaz Parda, Jose A. Veloso Fernández

doi: 10.18176/archmeddeporte.00053

Recibido: 15/03/2021

Aceptado: 15/05/2021

La prevención del dopaje es una de las responsabilidades profesionales más importantes e irrenunciables que tiene que asumir el médico que trabaja con deportistas. Para realizar adecuadamente este trabajo, el médico debe tener un profundo conocimiento de lo que significa el dopaje, su normativa, sus consecuencias, tanto médicas como legales, y la forma de evitar que se produzca. Gracias a este conocimiento evitará consecuencias que puedan ser perjudiciales tanto para el deportista como para el mismo.

Es indudable que, al igual que otros facultativos, al estar en contacto con deportistas, corre el riesgo de advertida o inadvertidamente relacionarse con deportistas u otros individuos que practiquen procedimientos de dopaje o que realicen acciones definidas como infracciones a las normas de dopaje. En este sentido, cabe la posibilidad de que, por diversas circunstancias, un médico pueda verse incluido en una investigación por dopaje.

La presente guía tiene por objeto informar al médico que tiene que tratar con deportistas de cuestiones que pueden ayudarle a conocer los aspectos más importantes de la lucha contra el dopaje, al tiempo que se le dan indicaciones para no verse implicado en procedimientos o situaciones relacionadas con el dopaje que en ocasiones conllevan una responsabilidad penal y para poder actuar preventivamente en caso de que esto suceda.

Este documento tiene el objetivo de establecer medidas para evitar el dopaje en lo que concierne a facultativos que trabajan con deportistas, recordando que no se debe renunciar a denunciar prácticas dopantes incluso de médicos, en los términos establecidos en la legislación vigente.

Este documento pone de manifiesto ante todo el mundo (la sociedad en general y el mundo deportivo en particular), la postura activa y decidida del colectivo frente a este tipo de prácticas que además de

ilegales, enfrentan directamente los principios esenciales de la profesión médica y como desgraciadamente se ha podido comprobar en más de una ocasión, son manifiestamente perjudiciales para la salud del deportista. Existen innumerables ejemplos de resultados devastadores y persistentes, no solo a nivel orgánico sino también a nivel psicológico.

Las tristes imágenes, que se han tenido que ver, de una persona declarando ante un tribunal, en calidad de médico, sobre el uso de procedimientos o sustancias (muchas veces medicamentos ilegales en su amplio significado, no autorizados, en experimentación, veterinarios, obtenidos mediante el contrabando o el robo, o en ocasiones, directamente copias de dudosa procedencia), con el simple objetivo de aumentar el rendimiento competitivo profesional de un deportista que, visto el panorama actual, podrían volver a producirse, han de quedar inequívoca y taxativamente desligadas del colectivo de médicos del deporte y a esto precisamente contribuye el compromiso activo y decidido de todos. Este compromiso personal, alimenta exponencialmente la posibilidad de colaboración con otros colectivos o agencias (federaciones deportivas, personal técnico, entrenadores, directores deportivos, organizadores de eventos deportivos profesionales, Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado).

Esta colaboración "entre agencias" es fundamental a la hora de combatir el dopaje porque ninguna, por sí sola, es capaz de enfrentar este tema de una manera definitiva y con garantías dado que se trata de una actividad a la que contribuyen profesionales de otras especialidades, no solo la médica, habiéndose desarticulado ya algún entramado delincuenciales de dimensiones cuando menos sorprendentes, que soportaba el dopaje de un deportista.

Además, la guía proporciona herramientas que permiten al médico que no participa en prácticas dopantes hacer frente a los riesgos que pueden tener algunos aspectos de su práctica profesional.

Correspondencia: Pedro Manonelles

E-mail: pmanonelles@femede.es

Dopaje. Significado desde la óptica de la profesión médica

La definición de dopaje del diccionario de la lengua española indica que dopaje es la acción de dopar, es decir “administrar fármacos o sustancias estimulantes para potenciar artificialmente el rendimiento del organismo, a veces con peligro para la salud”¹. Este es el concepto primordial del dopaje: la utilización de sustancias o métodos, que se encuentran incluidos en la lista de prohibidos, para mejorar el rendimiento. No obstante, el dopaje, que debe ser contemplado desde un punto de vista legal debido a las consecuencias que tiene, es definido por el Código Mundial de Dopaje como “la comisión de una o varias infracciones de las normas antidopaje según lo dispuesto en los apartados 1 a 11 de su artículo 2 y 10.14.1 que se describe en la Tabla 1².

En el contexto de su ejercicio profesional el médico podría cometer las siguientes infracciones (en principio el artículo 25 del nuevo Proyecto

de Ley que establece las sanciones para el personal de apoyo, no excluye ninguna de las infracciones previstas en el artículo 20, por lo que cabe entender que el médico puede cometer cualquiera de ellas y que en tal caso, además de las sanciones previstas para cualquier infractor, se le impondrían las previstas en ese artículo 25, incluso por un resultado adverso propio en una competición deportiva en la que interviniera como participante):

- Manipulación o su tentativa.
- Posesión.
- Tráfico o su tentativa.
- Administración o su tentativa.
- Complicidad o su tentativa.
- Asociación prohibida (Tabla 2).
- Represalia, amenaza o intimidación.
- Quebrantamiento.

Tabla 1. Infracciones a las normas de dopaje. Código Mundial Antidopaje 2021².

1. Resultado analítico	Presencia de una sustancia prohibida o de sus metabolitos o marcadores en la muestra de un deportista.
2. Uso o su tentativa	Uso o intento de uso por parte de un deportista de una sustancia prohibida o de un método prohibido.
3. Evitación de un control	Evitar, rechazar o incumplir la obligación de someterse a la recogida de muestras.
4. Fallos de localización	Cualquier combinación de tres casos de la obligación de someterse a controles y/o del deber de localización fallido.
5. Manipulación o su tentativa	Manipulación o intento de manipulación de cualquier parte del proceso de control de dopaje.
6. Posesión	Posesión de una sustancia prohibida o un método prohibido por parte de un deportista o persona de apoyo a los deportistas.
7. Tráfico o su tentativa	Tráfico o intento de tráfico de cualquier sustancia prohibida o método prohibido.
8. Administración o su tentativa	Administración o intento de administración de una sustancia prohibida o método prohibido.
9. Complicidad o su tentativa	Complicidad o tentativa de complicidad por parte de un deportista u otra persona.
10. Asociación prohibida	Relación deportiva o profesional con personas que se hallen en la situación descrita en la tabla 2.
11. Represalia, amenaza o intimidación	Actuaciones para disuadir a alguien de informar a las autoridades de un posible caso de dopaje o tomar represalias contra quien pudiera informar.
12. Quebrantamiento	Es un comportamiento que, aunque el Código no lo recoja como tal, es de una categoría similar al resto e igualmente sancionable. Implica el incumplimiento o violación de una sanción por dopaje.

Tabla 2. Situaciones contempladas en la asociación prohibida.

<ul style="list-style-type: none"> • Persona de apoyo al deportista sujeto a la autoridad de una organización antidopaje, que esté cumpliendo un periodo de suspensión. • Si no está sujeto a la autoridad de una organización antidopaje, y cuando no se haya abordado la suspensión en un proceso contemplado en el Código Mundial Antidopaje, cuando haya sido condenado o hallado culpable en un procedimiento penal, disciplinario o profesional por haber incurrido en conductas constitutivas de una infracción de las normas antidopaje si se hubieran aplicado a dicha persona normas ajustadas al Código Mundial Antidopaje. La descalificación de dicha persona se mantendrá en vigor durante un periodo de seis años desde la adopción de la decisión penal, profesional o disciplinaria o mientras se encuentre vigente la sanción penal, disciplinaria o profesional. • Cuando esté actuando como encubridor o intermediario de una persona sujeto a la autoridad de una organización antidopaje, que esté cumpliendo un periodo de suspensión, o, si no está sujeto a la autoridad de una organización antidopaje, y cuando no se haya abordado la suspensión en un proceso contemplado en el Código Mundial Antidopaje, cuando haya sido condenado o hallado culpable en un procedimiento penal, disciplinario o profesional por haber incurrido en conductas constitutivas de una infracción de las normas antidopaje si se hubieran aplicado a dicha persona normas ajustadas al Código Mundial Antidopaje. La descalificación de dicha persona se mantendrá en vigor durante un periodo de seis años desde la adopción de la decisión penal, profesional o disciplinaria o mientras se encuentre vigente la sanción penal, disciplinaria o profesional.

En lo que se refiere al aspecto más específico del ejercicio de su profesión, que es la prescripción, el médico puede cometer los siguientes tipos de infracción³:

- Prescripción de medicación o de suplementos nutricionales, incluidos en la lista prohibida, por médico que no trabaja habitualmente con deportistas.
- Prescripción de medicación o de suplementos nutricionales, incluidos en la lista prohibida, por médico que trabaja habitualmente con deportistas en el contexto de un tratamiento lícito y sin fines de dopaje, sin solicitar la oportuna autorización de uso terapéutico.
- Prescripción de un procedimiento de dopaje.
- Utilización de un método prohibido (como terapias intravenosas > 100 ml/12 horas).
- Incumplimiento de las normas administrativas de la lucha contra el dopaje.

Sanciones por dopaje

Las infracciones a las normas de dopaje llevan aparejadas las sanciones aplicables por su comisión.

Según establece el Código Mundial Antidopaje² la infracción de una norma antidopaje (Tabla 1) por parte de un deportista u otra persona puede dar lugar a una o más de las consecuencias que se citan en la Tabla 3.

Además de las sanciones específicas de la autoridad antidopaje, el médico en España, puede sufrir también las siguientes sanciones:

- *Código Penal*. Si bien es cierto que el artículo 362 quinquies⁴ es el que se refiere específicamente al dopaje deportivo y prevé penas de hasta dos años de cárcel e inhabilitación especial para empleo o cargo público, profesión u oficio, de dos a cinco años, con este tipo de delitos se pueden relacionar otros relativos al suministro de medicamentos sea cual sea el fin, para los que están previstas penas de cárcel de hasta cuatro años e inhabilitación para la profesión de hasta tres años. Dado que los artículos previstos en el Código Penal español necesitan una evidente puesta al día, parece que el

legislador ha tratado de "defenderse" en un primer momento dando importancia, también, a la procedencia de los medicamentos o productos sanitarios utilizados o administrados con fines de dopaje. En nuestro caso, y precisamente de las características técnicas y por ejemplo de procedencia o conservación de los medicamentos, va a depender el hecho de que las penas puedan llegar a las arriba expuestas. La condición de ejercer como médico en estas prácticas eleva a su grado superior las penas impuestas en cualquier supuesto. En este capítulo de delitos contra la salud pública, el legislador también pone el foco en el concierto de varios individuos para cometer un delito, teniendo sorprendentemente en cuenta la necesidad de convergencia de personas de diversos ámbitos con estos fines delictivos, encajando según las circunstancias, la figura de la "pertenencia a un grupo criminal" "*Unión de más de dos personas*"; siendo una circunstancia agravante en estos casos. En último lugar, los beneficios obtenidos por estas prácticas contra la salud pública también son obligatoriamente perseguidos por la justicia, pudiendo dar lugar a otras responsabilidades penales por blanqueo de capitales, delitos contra la Hacienda Pública y de falsificación de documento público en lo que refiere a la utilización de recetas. Parece razonable pensar, y de hecho mucha gente lo hace y actúa en consecuencia, que en España el dopaje deportivo no está penalmente "muy" perseguido ya que objetivamente sólo encontramos en nuestro Código Penal una mención específica al dopaje deportivo entre sus artículos, pero en la práctica, estas actividades necesitan necesariamente de otras complementarias que también están contempladas como punibles penalmente, produciéndose un concurso de delitos que agravan la pena inicialmente prevista. Sería cuestión de discusión si realmente se reprocha la conducta específica del profesional sanitario como tal, en este caso preciso el médico, no tanto en las normas penales pero sí en las administrativas, dado que sobre su figura está depositada una confianza total como "aliado" en el combate de estas prácticas y es precisamente por esto, que es tan peligroso, que esta figura participe activamente en la actividad fraudulenta ya que, de repente, se pierden

Tabla 3. Consecuencias de las infracciones a las normas anti-dopaje. Código Mundial Antidopaje 2021².

- **Descalificación.** Invalidación de los resultados del deportista en una competición o evento, con todas sus consecuencias resultantes, como la pérdida de cualquier medalla, punto y premio. En España, la descalificación o por ser más precisos, la anulación de resultados no es propiamente una sanción sino lo que se conoce como medida de restablecimiento de la legalidad, que no tiene carácter sancionatorio ni se rige por las reglas del derecho administrativo sancionador.
- **Inhabilitación.** Exclusión del deportista u otra persona por una violación de las normas antidopaje por un período de tiempo específico para participar en cualquier competición u otra actividad o financiación (artículo 10 del Código 2021). Ello conlleva la pérdida de la licencia deportiva y la imposibilidad de obtener otra durante el tiempo establecido.
- **Suspensión provisional.** Prohibición temporal para el deportista u otra persona en cualquier competición o actividad antes de la decisión final en una audiencia.
- **Consecuencias económicas.** Sanción económica impuesta por una violación de la regla antidopaje o para recuperar los costos asociados con una violación de la regla antidopaje. El Código Mundial Antidopaje no establece, como si hace la legislación nacional, un catálogo de sanciones pecuniarias asociadas a la infracción. El Código Mundial Antidopaje contempla el abono de cantidades económicas más desde un punto de vista indemnizatorio que propiamente sancionador.
- **Divulgación pública.** Difusión o distribución de información al público en general o personas más allá de aquellas personas que tienen derecho a notificación previa.

herramientas de control tan importantes como el diagnóstico, el tratamiento, la prescripción o la gestión de las Autorizaciones de Uso Terapéutico.

- *Ley de protección de la salud del deportista*. Inhabilitación para el ejercicio de funciones sanitarias o profesionales vinculadas a deportistas, entidades, clubes, equipos, federaciones o establecimientos deportivos por un período de cuatro años⁵.
- *Colegio de Médicos*. La comisión de una infracción a las normas de dopaje puede conllevar la comunicación por parte de la autoridad antidopaje al Colegio de Médicos de los actos realizados por el personal que realice funciones sanitarias a los efectos disciplinarios oportunos.
- *Sociedad Española de Medicina del Deporte*. La comisión de una infracción a las normas de dopaje puede conllevar la sanción que se derive de la aplicación del Código Ético en Medicina del Deporte de la Federación Española de Medicina del Deporte⁶.

La prescripción

El mayor riesgo que tiene el médico respecto al dopaje es el de la prescripción de medicamentos, de suplementos nutricionales o de otras sustancias.

No se considera en este apartado la prescripción que se realiza con fines de dopaje y que implica que el prescriptor tiene la voluntad consciente de cometer la infracción.

Sería deseable que el médico que no trabaja habitualmente con deportistas conociera la normativa de prescripción en relación con el dopaje, no sólo porque a él pueda suponerle una sanción sino también porque puede provocarla al deportista que recibe la prescripción.

Existen básicamente los siguientes tipos de prescripción:

- Fármacos incluidos en la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios – AEMPS (<https://www.aemps.gob.es/home.htm>), recogidos en su apartado “Medicamentos de uso humano” (<https://www.aemps.gob.es/medicamentosUsoHumano/portada/home.htm>).
- Fármacos y productos de uso hospitalario.
- Fármacos de otra procedencia.
 - Que se adquieren por Internet.
 - Fármacos extranjeros.
- Suplementos nutricionales.

El facultativo en España puede prescribir los medicamentos de uso humano que recoge la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios – AEMPS. También puede prescribir los suplementos nutricionales de procedencia legal censados y gestionados por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (Alimentos para grupos específicos, complementos alimenticios y aguas minerales naturales comunicados en España, https://rgsa-web-aesan.mscbs.es/rgsa/formulario_producto_js.jsp), puede adquirir productos en internet y en el extranjero y puede usar los fármacos de uso hospitalario siguiendo las normas establecidas.

La cuestión verdaderamente importante es que el médico prescriptor debe asegurarse de que el producto a prescribir no se encuentre incluido en la lista de sustancias y métodos prohibidos por dopaje⁷.

Dopaje no intencionado

La forma más conocida de dopaje se produce cuando el deportista toma la decisión consciente y acordada de utilizar una sustancia o método prohibido con fines de dopaje.

Por el contrario, existe una forma de dopaje no intencionada ni consciente que se denomina dopaje no intencionado. Este dopaje tiene dos modalidades: dopaje inadvertido y dopaje accidental.

Se denomina dopaje inadvertido a una forma de dopaje no intencionado en el que el deportista consume un medicamento sin ser consciente de que contiene sustancias prohibidas en su composición. También es dopaje inadvertido cuando no se realizan los trámites necesarios para la concesión de una autorización de uso terapéutico (AUT).

Se denomina dopaje accidental a una forma de dopaje no intencionado en el que el deportista consume una sustancia o usa un método prohibido de forma casual. Por ejemplo, son los casos de dopaje por consumo de suplementos nutricionales adulterados o contaminados que contienen sustancias prohibidas en el deporte sin declarar en su composición. En estos casos el deportista debe demostrar esa contaminación y además el que no ha habido una negligencia grave, aún con todo ello puede ser sancionado desde con una amonestación, hasta con 2 años de retirada de licencia, según la gravedad de su culpa o negligencia.

Por parte de las autoridades policiales de varios países incluida España, ya se han realizado operaciones contra la adulteración de complementos alimenticios del ámbito deportivo. Generalmente se trata de productos de importación, que en ocasiones entran ya adulterados y en ocasiones se hace en el país de destino, sin entrar en casos de falsificaciones que, temporal y ocasionalmente, pudiesen llegar a estar disponibles en el mercado.

Es importante señalar que la intencionalidad del deportista no es la de cometer la infracción, sino simplemente lo es la de consumir una sustancia o usar un método. Es decir, una sustancia consumida o método usado intencionalmente: INTENCIONAL, aun cuando no sea con la intención de doparse. Sustancia consumida o método usado sin intención: NO INTENCIONAL. Es decir, una sustancia consumida o método usado conscientemente se considerará INTENCIONAL, aun cuando no sea con el propósito de doparse. En cambio, una sustancia consumida o método usado inconscientemente será considerado NO INTENCIONAL.

En caso de sustancias o métodos específicos, será el órgano sancionador quién deberá demostrar la intención de su uso. En caso de sustancias o métodos no específicos, deberá de ser el deportista quien demuestre su no intencionalidad. En ambos casos, si no existe esa intencionalidad, se valorará la gravedad de la negligencia en la toma, uso o posesión y así se valorará la sanción (de amonestación a 2 años en sustancia o método específico y de 1 ó 2 años en caso de ser no específico).

Cuando se produce un resultado adverso de laboratorio en un control en competición y la sustancia sólo está prohibida en competición, el deportista puede demostrar que el consumo fue fuera de competición (anterior a las 11:59 del día de antes a la competición) y puede demostrar que su intención no era mejorar el rendimiento deportivo: se apreciará no intencionalidad.

Autorización de uso terapéutico

La Autorización de Uso Terapéutico (AUT) es el procedimiento establecido por la Agencia Mundial Antidopaje para que los deportistas que lo precisen puedan utilizar sustancias prohibidas para cuando su uso sea necesario en el tratamiento de enfermedades.

La concesión de una AUT está sujeta a que el deportista pueda demostrar que se cumplen todas las condiciones siguientes:

- Que la sustancia o el método prohibido en cuestión sea necesario para tratar una patología aguda o crónica, de tal manera que de no administrar al deportista dicha sustancia o método prohibido su salud se vería gravemente perjudicada.
- Que sea altamente improbable que el uso terapéutico de la sustancia o del método prohibido cause una mejora en el rendimiento, más allá de la que se pueda achacar a la recuperación de la salud por parte del deportista tras el tratamiento de la patología aguda o crónica.
- Que no existe ninguna alternativa terapéutica autorizada que sustituya a la sustancia o al método prohibido.
- Que la necesidad de utilizar la sustancia o el método prohibido no sea consecuencia parcial o total de haber usado con anterioridad (sin AUT) una sustancia o un método que estuviera prohibido en el momento de su uso.

Se debe disponer de una AUT antes de hacer uso o de poseer la sustancia o el método prohibido de que se trate salvo que exista una de las siguientes excepciones, en cuyo caso el deportista debería obtener una autorización retroactiva:

- En caso de urgencia médica o de tratamiento de una patología aguda.
- Cuando, debido a otras circunstancias excepcionales, no haya habido el tiempo suficiente o la posibilidad de presentar la solicitud.

El deportista deberá presentar el formulario de solicitud de AUT a la organización antidopaje que corresponda por medio del sistema ADAMS o de la forma que especifique la organización antidopaje. Dicho formulario deberá ir acompañado de estas dos informaciones:

- Un certificado de un médico cualificado confirmando la necesidad de que el deportista haga uso por razones terapéuticas de la sustancia prohibida o del método prohibido de que se trate.
- Una historia clínica completa, que incluirá la documentación emitida por el médico que haya realizado el diagnóstico inicial (de ser posible) y los resultados de todas las pruebas, análisis de laboratorio y estudios por imágenes inherentes a la solicitud.

Cuando se concede una AUT constan estas dos cosas:

- La sustancia o el método aprobado, así como su posología, frecuencia y vía de administración permitidas, duración de la AUT y cualesquiera otras condiciones impuestas en cuanto a la AUT.
- Formulario de solicitud de la AUT, así como las informaciones clínicas pertinentes.

El facultativo debe conocer la normativa de concesión de AUT para poder prescribir medicaciones prohibidas con seguridad⁸.

Comprobación de sustancias o métodos prohibidos

Antes de realizar una prescripción es necesario comprobar que las sustancias que lo componen no se encuentren en la lista de sustancias y de métodos prohibidos en vigor.

La lista de sustancias y de métodos prohibidos se encuentra en la mayoría de las páginas web de federaciones deportivas, pero se aconseja recurrir a las fuentes oficiales:

- Página web de la Agencia Mundial Antidopaje: <https://www.wada-ama.org/en/what-we-do/the-prohibited-list>.
- Página web de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte - AEPSAD: <https://aepsad.culturaydeporte.gob.es/normativa/normativa-internacional.html>.
- Consulta en las aplicaciones WEB o MÓVIL. NØDoPApp O NØDoPWeb <https://aepsad.culturaydeporte.gob.es/inicio/nodopapp-nodopweb.html>
- En varios países (Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Suiza, Japón, Australia, Nueva Zelanda) se puede consultar una aplicación similar: GLOBAL DRO. <https://www.globaldro.com/Home>
- En GLOBAL DRO se pueden encontrar enlaces similares para otros numerosos países. <https://www.globaldro.com/home/other-countries>
- Boletín Oficial del Estado. Que es donde se publica cada año de forma oficial: boe.es

Los medicamentos de uso humano en España se pueden consultar en la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios – AEMPS (CIMA: Centro de Información Online de Medicamentos de la AEMPS): <https://cima.aemps.es/cima/publico/home.html>

Los suplementos nutricionales en España se pueden consultar en la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (Alimentos para grupos específicos, complementos alimenticios y aguas minerales naturales comunicados en España, https://rgsa-web-aesan.mscbs.es/rgsa/formulario_producto_js.jsp)

Algoritmo de prescripción

El siguiente algoritmo (Figura 1) indica, de una forma sencilla, el procedimiento de prescripción de una sustancia o de un método de tratamiento en un deportista susceptible de tener que pasar un control de dopaje en cualquier momento⁹.

Antes de utilizar la sustancia o el método, lo primero que se debe hacer es comprobar si se encuentra incluido en la lista prohibida.

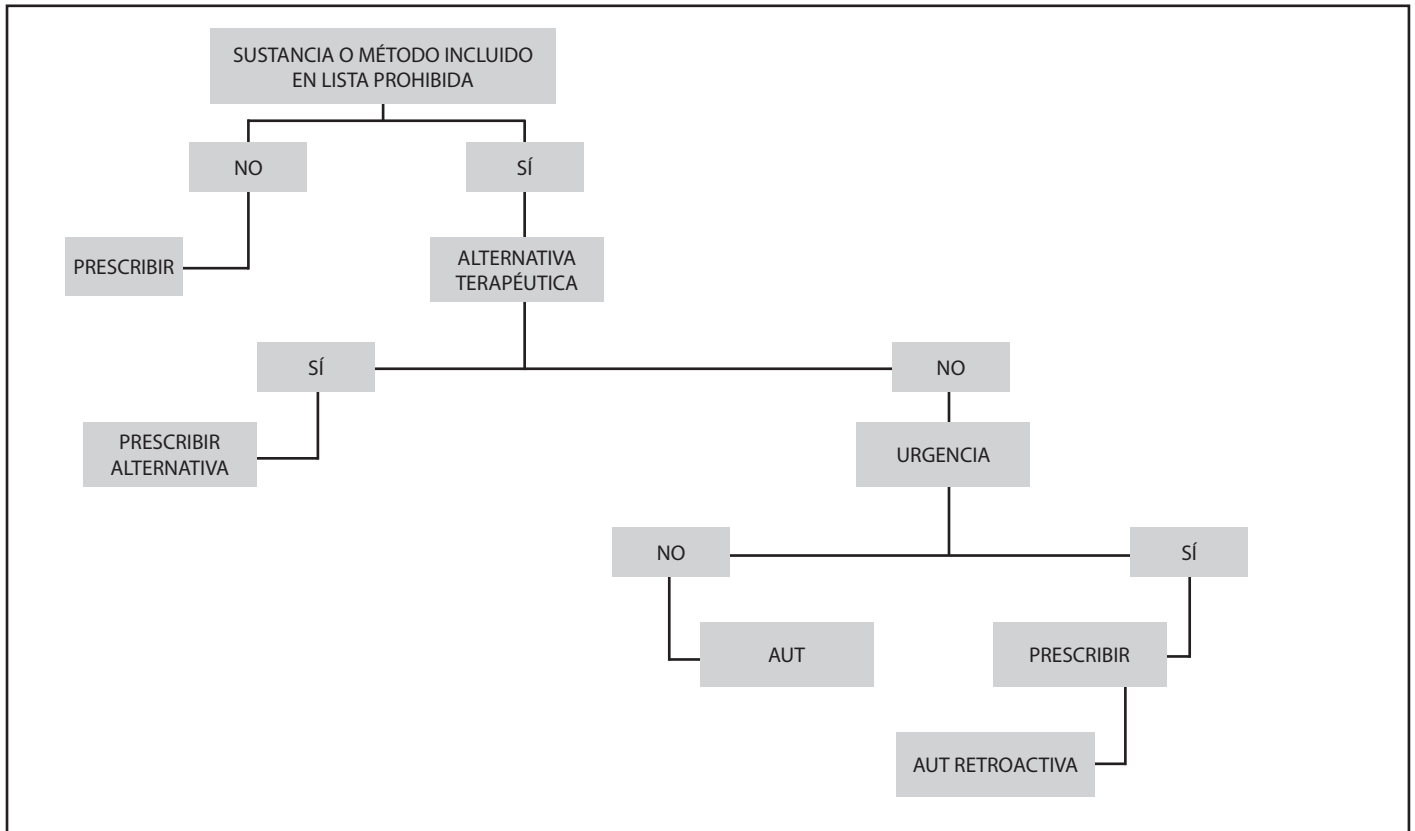
Si no se encuentra en la lista prohibida se puede proceder a efectuar la prescripción.

Si la sustancia se encuentra en la lista prohibida, hay que buscar una alternativa terapéutica. Si existe una alternativa que sea aceptable para el tratamiento se prescribe la alternativa.

Si la necesidad de tratamiento es una urgencia médica o el tratamiento de una patología aguda, se procede a prescribir y se solicita una AUT retroactiva.

Si la necesidad de prescribir no obedece a una urgencia médica o a la realización de tratamiento de una patología aguda, hay que solicitar una autorización de uso terapéutico (AUT).

Figura 1. Algoritmo de prescripción.



Botiquín

El médico puede tener en el botiquín de su lugar de trabajo sustancias y métodos que se encuentran incluidos en la lista prohibida cuando sean necesarios para la utilización en situaciones clínicas legítimas, como tratamiento de casos urgentes, pero en las cantidades que son apropiadas a tal fin y, en cualquier caso, sustancias y métodos que sean de uso clínico reconocido.

El contenido del botiquín de transporte del médico, tiene regirse por el mismo principio, aunque las cantidades que se contengan estén en relación con el número de personas a las que podría ser necesario asistir, incluyendo personal técnico del equipo y acompañantes de otra naturaleza.

Hay competiciones, como Juegos Olímpicos y Paralímpicos, en la que existe una normativa específica que se debe cumplir para preparar los contenidos del botiquín y de su transporte.

Conducta en la consulta. relación médico deportista/paciente

El médico que trata con deportistas debe seguir escrupulosamente los principios de la relación médico-paciente, en este caso deportista.

En situaciones normales, el médico, que se relaciona con su paciente para brindarle ayuda, espera de su interlocutor colaboración y honradez, pero puede darse la circunstancia de que el deportista, en este caso, quiera obtener información sobre el dopaje o, lo que es mucho más peligroso, que pretenda involucrar al facultativo consciente o inconscientemente, para lo cual el médico debe considerar que la relación con deportistas, especialmente de competición y de rendimiento, es una relación de riesgo.

Se recuerda lo que dice el artículo 27 del Código de Deontología Médica, de obligado cumplimiento para el médico⁹:

- El secreto médico es uno de los pilares en los que se fundamenta la relación médico-paciente, basada en la mutua confianza, cualquiera que sea la modalidad de su ejercicio profesional.
- El secreto comporta para el médico la obligación de mantener la reserva y la confidencialidad de todo aquello que el paciente le haya revelado y confiado, lo que haya visto y deducido como consecuencia de su trabajo y tenga relación con la salud y la intimidad del paciente, incluyendo el contenido de la historia clínica.

Para disminuir el riesgo de implicación del facultativo en un caso de dopaje se efectúan las siguientes recomendaciones:

- Conocer la normativa de prevención del dopaje.
- Consultar la lista vigente de sustancias y de métodos prohibidos por dopaje.

- Ser consciente de que las relaciones con deportistas susceptibles de implicarse en casos de dopaje, se deben considerar como de riesgo, especialmente cuando se refieren a la prescripción de medicamentos o suplementos nutricionales, tratamientos y consultas sobre mejora del rendimiento.
- Anotar pormenorizadamente todo lo que se hable con el deportista en la historia clínica, especialmente las prescripciones de medicamentos y de suplementos alimenticios y recomendaciones sobre mejora del rendimiento. Las prescripciones deben ser realizadas con copia y acuse de recibo por parte del deportista, conservando el médico dicha copia firmada, por si existiera alguna falsificación.
- Si el deportista plantea temas relacionados con el dopaje, indicarlo en la historia:
 - Manifestar la oposición del médico a cualquier procedimiento o actuación relacionada con el dopaje.
 - Pedir al deportista que abandone su idea de doparse, explicándole los riesgos para la salud y las consecuencias legales.
 - No dar información sobre sustancias dopantes, por ejemplo:
 - Efectos de mejora del rendimiento.
 - Vida media del producto.
 - Consejos sobre ocultación, enmascaramiento o "lavado" de la sustancia.
 - Forma de adquirir productos dopantes.
- Si se sospecha que el deportista podría plantear temas de dopaje, grabar la conversación con el conocimiento y consentimiento del deportista.
- Si se va a administrar alguna medicación, especialmente si se va hacer por vía parenteral, enseñar al deportista el envase o ampollas, comprobar que ha leído el nombre y hacer un apartado en la historia con la prescripción y la firma del deportista aceptando que se le ha enseñado la identificación del producto. Cuando la vía de administración sea IV y se vayan a infundir más de 100 ml /12 horas, debe pedirse una AUT.
- Las conversaciones telefónicas pueden ser sacadas de contexto. Se recomienda utilizar medios de comunicación que dejen constancia de lo que se habla. Podrán ser grabadas de mutuo acuerdo en caso de tratar temas relacionados con el dopaje en cualquiera de sus aspectos.
- Ser muy cuidadoso en lo que se dice que tenga relación con el dopaje o sustancias y evitar cualquier tipo de connivencia o acuerdo, total o parcial, con temas relacionados con el dopaje.
- En la consulta se pueden tener sustancias incluidas en las listas de dopaje, pero aquéllas que tengan una verdadera utilidad en el contexto de la práctica clínica habitual y en las cantidades que sean necesarias para la práctica clínica.
- Ser consciente de que las consultas sobre dopaje que se realizan en internet pueden considerarse una prueba de diversas infracciones de dopaje. Por ello, se debe tener claro el motivo de la consulta.
- En caso de realizar estudios clínicos o investigaciones con individuos susceptibles de que realicen prácticas de dopaje o sobre el uso de sustancias o métodos relacionados con el dopaje, se recomienda efectuar una comunicación previa a la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte y/o a las unidades de lucha contra el dopaje de la Guardia Civil y de la Policía Nacional.

Hay circunstancias que indican una mayor probabilidad de que exista dopaje y que se refieren al deporte y al deportista. El médico debe reconocer estas las características que hacen presuponer un mayor riesgo de dopaje y que se describen a continuación.

Riesgo de dopaje dependiente del deporte. Los siguientes deportes tienen un mayor riesgo de dopaje, de acuerdo con los datos que proporcionan los *Anti-Doping Rule Violations (ADRVs) Reports*¹⁰ y los *Anti-Doping Testing Figures Reports*¹¹:

- Deportes/especialidades de fuerza, potencia y velocidad: Halterofilia y otras disciplinas de levantamiento de peso (incluido el fisiculturismo), atletismo (lanzamientos, saltos y velocidad), fútbol americano.
- Deportes de lucha y de combate: lucha, boxeo, taekwondo.
- Deportes/especialidades de resistencia: ciclismo,
- Otros deportes: automovilismo, billar, motociclismo.

Riesgo de dopaje dependiente del deportista¹². Las características del deportista, que se citan a continuación, deben ser tenidas muy en cuenta por el médico que atiende a deportistas, debido a que constituyen un claro riesgo de que el sujeto en cuestión pueda estar implicado en algún procedimiento de dopaje:

- *Nivel de competición del deportista*. A mayor nivel y dedicación, mayor riesgo de dopaje. Esta afirmación hace unos años que, aunque sigue siendo cierta, se tambalea gracias a la popularización de algunos sistemas y sustancias dopantes que, en principio puede que no requieran de la participación de un médico pero que en no pocas ocasiones acaba requiriendo de ella, para contrarrestar posibles efectos adversos de la automedicación con fines de dopaje a cualquier nivel. De existir un sistema ágil, se podría por ejemplo dar una alerta temprana de la presencia de "medicamentos" (siempre en el mercado negro) que pudiesen estar contaminados y/o llegar a causar un problema de salud pública.
- *Resultados del deportista*. Es lógico considerar que los deportistas que consiguen mejores resultados deportivos puedan estar dopándose, pero es de especial riesgo que estos resultados se consigan en edades avanzadas, de improviso respecto a resultados anteriores, sin que hasta el momento el deportista hubiera conseguido resultados importantes, o lo que se consiguen tras un periodo de tiempo de inactividad o desaparición del deportista de la competición.
- *Edad*. El deportista de edad más avanzada, debe considerarse como de riesgo de dopaje. Aunque esto no debe de tomarse como norma general, los jóvenes que apuntan al deporte profesional o semiprofesional son también un colectivo de riesgo. No tanto la edad como las circunstancias que rodean la práctica del deporte en cada caso específico, unido a qué es lo que se solicita del médico, van a dar una indicación generalmente fiable del objeto real de la consulta.
- *Apoyo económico*. El que el deportista reciba apoyo económico público, becas, ayudas de Estado, CC. AA, o municipios.
- *Informaciones negativas*. Que se disponga de información sugerente de riesgo de dopaje por parte de técnicos deportivos o de profesionales de entornos fiables. Mucho más si se conoce que el deportista está inmerso en algún tipo de investigación por parte de autoridades antidopaje, judiciales o de Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado.

- *Cumplimiento de las localizaciones.* Si se conoce que el deportista tiene antecedentes de fallar en sus compromisos de localización para realizar controles antidopaje fuera de competición.
- *Datos de inteligencia.* Que haya datos de diferente procedencia, como la que se puede saber de los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado, que sugieran procedimientos de dopaje.
- *Personal de apoyo.* Que le deportista sea entrenado, sea tratado, colabore o se encuentre cercano, a personal de apoyo (entrenadores, técnicos, enfermeras, fisioterapeutas, masajistas, representantes, directivos, compañeros u otros médicos) sospechosos de favorecer el dopaje.

No se debe de olvidar que también existe un riesgo de dopaje *dependiente del médico*, tristemente demostrado ya en varias operaciones policiales contra tramas de dopaje. No se deben desechar las noticias de participación o incluso inducción al dopaje por parte de un médico, sobre todo si son persistentes. La comprobación de las mismas se puede realizar mediante las herramientas legalmente previstas para ello también (inspecciones médicas, farmacéuticas, investigación penal llegado el caso). Estas herramientas legales están diseñadas para causar el menor perjuicio posible y su utilización redundante directamente en la buena salud del colectivo.

Por último, el artículo 38 del Código de Deontología Médica dice que “no supone faltar al deber de confraternidad el que un médico comunique a su Colegio con discreción las infracciones de sus colegas contra las reglas de la ética médica o de la práctica profesional”⁹⁹. No hacerlo a la Organización Antidopaje con competencias en el asunto, podría ser considerado como una infracción de Complicidad, mencionada en la Tabla 1.

Autores

Ávila España, Fernando. Miembro del Comité AUT (TUE) de la Federación Internacional de Voleibol. Miembro de la Comisión Médica de la Confederación Europea de Voleibol. Especialista en COT. (Hospital Quirón Salud. Sevilla). Senador de la Sociedad Española de Traumatología del Deporte. Sevilla.

Castro García, Juan José. Inspector Jefe de la Policía Nacional, Jefe de la Sección de Consumo, Medio Ambiente y Dopaje en el Deporte de la Policía Nacional. Madrid.

De las Heras Romero, Jorge. Cirujano Ortopédico y Traumatólogo en Hospital HLA la Vega de Murcia. Presidente del Comité Médico Nacional de la Federación Española de Boxeo. Murcia.

Del Valle Soto, Miguel. Catedrático de la Facultad de Medicina. Escuela de Medicina del Deporte. Universidad de Oviedo. Junta de Gobierno de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. Oviedo.

Franco Bonafonte, Luis. Responsable de la Unidad Medicina del Deporte. Hospital Universitario Sant Joan. Reus. Profesor Asociado. Facultad de Medicina. URV. Secretario General Sociedad Española de Medicina del Deporte. Reus.

García-Nieto Portabella, Juan N. Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Médico acreditado en control de dopaje (UEFA DCO, FIFA DCO). Imesport – C.M. Teknon. Barcelona

Jiménez Díaz, Fernando. Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Profesor de la Universidad de Castilla la Mancha (Toledo). Director de la Cátedra Internacional de Ecografía Musculo-esquelética, UCAM (Murcia). Toledo.

Gaztañaga Aurrecoetxea, Teresa. Médico Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Unidad de Medicina del Deporte KIROLBIDEA - Hospital Quirón Donostia. Presidenta de la Sociedad Vasca de Medicina del Deporte (EKIME). Miembro de la Junta de Gobierno de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED). San Sebastián.

González González, Agustín. Secretario General de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte. Madrid.

González Santander, Manuela. Médico Especialista en Medicina de la Educación Física y Deporte. Miembro de la Comisión Científico-Médica del Comité Olímpico Español. Madrid.

López Rodríguez, Cesáreo. Federación Española de Ciclismo. León.

Manonelles, Pedro. Cátedra Internacional de Medicina del Deporte. Universidad Católica San Antonio (UCAM). Presidente Sociedad Española de Medicina del Deporte. Zaragoza.

Montalvo Zenarruabeitia, Zigor. Médico de la Federación Española de Triatlón. Madrid.

Muñoz Benito, Juan José. Comité de Autorizaciones de Uso Terapéutico (CAUT) de la AEPSAD. Madrid.

Ornaque Lazaro, Isabel. Médico especialista en Anestesiología, Reanimación y Clínica del Dolor. Médico FIA y FIM. Jefe Médico del Circuit de Barcelona-Catalunya. Presidenta de la Comisión Médica de la Real Federación Española de Automovilismo. Barcelona.

Pérez Ansón, Javier. Junta de Gobierno de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. Médico del Servicio Contra Incendios de Salvamento y Protección Civil del Ayuntamiento de Zaragoza. Zaragoza.

Rivera Jofré, Santiago. Teniente de la Guardia Civil. Sección de Salud Pública y Dopaje Deportivo. Unidad Central Operativa. Jefatura de Policía Judicial. Madrid.

Rodríguez Sendín, Juan José. Presidente de la Comisión Central de Deontología de la Organización Médica Colegial. Madrid.

Romero Agüit, Serafín. Presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Médicos de España. Madrid.

Ruiz Caballero, Agustín. Médico de la Federación Española de Actividades Subacuáticas. Barcelona.

Terreros Blanco, José Luis. Director de la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte. Madrid.

Vaz Pardal, M^a Carmen. Médico de la Federación Española de Vela. Cádiz.

Veloso, José A. Secretaria Nacional de Deportes. Director Médico Control Dopaje ONAU. Uruguay.

Bibliografía

1. Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española*. 23 Ed. Madrid. 2014.
2. Agencia Mundial Antidopaje. *Código Mundial de Dopaje*. Montreal, Quebec. 2021.

3. Manonelles P, Terreros JL. Guía verdaderamente concreta sobre prescripción y dispensación de medicamentos y de suplementos nutricionales en deportistas. Universidad Católica San Antonio (UCAM). Murcia. 2020.
4. Ley Orgánica 1/2015, de 30 de marzo, por la que se modifica la Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal. *BOE* núm. 77, de 31 de marzo de 2015.
5. Real Decreto-ley 3/2017, de 17 de febrero, por el que se modifica la Ley Orgánica 3/2013, de 20 de junio, de protección de la salud del deportista y lucha contra el dopaje en la actividad deportiva, y se adapta a las modificaciones introducidas por el Código Mundial Antidopaje de 2015. *BOE* núm. 42, 18 de febrero de 2017.
6. Código Ético en Medicina del Deporte de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Arch Med Deporte*. 2010;139:347-8.
7. WADA-AMA. What is prohibited. Consultado el 15/1/2021. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/content/what-is-prohibited>.
8. AEPSAD. Autorizaciones de uso terapéutico. Consultado el 18-1-2021. Disponible en: <https://aepsad.culturaydeporte.gob.es/control-dopaje/autorizaciones-de-uso-terapeutico.html>.
9. Consejo General de Colegios Oficiales de Médicos. Código de deontología médica. Guía de ética médica. 2011.
10. WADA-AMA. Anti-Doping Rule Violations (ADRVs) Report. Consultado el 30-1-2021. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/resources/general-anti-doping-information/anti-doping-rule-violations-adrvs-report>.
11. WADA-AMA. Anti-Doping Testing Figures Report. Consultado el 30-1-2021. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/resources/laboratories/anti-doping-testing-figures-report>.
12. WADA-AMA. International Standard for Testing and Investigations. 2021. Consultado el 30-1-2021. Disponible en: https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/international_standard_isti_-_2020.pdf.



Sociedad Española de Medicina del Deporte



UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO



XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE

UNIVERSIDAD, CIENCIA Y MEDICINA AL SERVICIO DEL DEPORTE



Nueva fecha
25-27 de noviembre de 2021

UNIVERSIDAD CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA (UCAM)
26-28 DE NOVIEMBRE DE 2020

UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA
CAMPUS DE LOS JERÓNIMOS, GUADALUPE 30107
(MURCIA) - ESPAÑA

XVIII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

Fecha

25-27 de Noviembre de 2021

Lugar

Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM)
Campus de los Jerónimos
30107 Guadalupe (Murcia)
Página web: <https://www.ucam.edu/>

Secretaría Científica

Sociedad Española de Medicina del Deporte
Dirección: C/ Cánovas nº 7, bajo
50004 Zaragoza
Teléfono: +34 976 02 45 09
Correo electrónico: congresos@femede.es
Página web: <http://www.femede.es/congresomurcia2020>

Secretaría Técnica

Viajes El Corte Inglés S.A.
División Eventos Deportivos
C/ Tarifa, nº 8. 41002 Sevilla
Teléfono: + 34 954 50 66 23
Correo electrónico: areaeventos@viajesei.es
Personas de contacto: Marisa Sirodey y Silvia Herreros

SESIONES PLENARIAS Y PONENCIAS OFICIALES

- Síndrome compartimental en el deporte.
- Síndrome compartimental en el deporte.
- Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca al entrenamiento deportivo.
- Sistemas complejos y deportes de equipo.
- Respuestas fisiológicas y patológicas de la frecuencia cardiaca y de la tensión arterial en la ergometría.
- Sistemas de sponsorización deportiva
- Medicina biológica. Células madre.
- Entrenamiento en deportistas de superélite.

Idioma oficial

El lenguaje oficial del Congreso es el español.
Traducción simultánea de sesiones plenas y ponencias.

Cursos on-line SEMED-FEMEDE

Curso "ANTROPOMETRÍA PARA TITULADOS EN CIENCIAS DEL DEPORTE. ASPECTOS TEÓRICOS"

Curso dirigido a los titulados en Ciencias del Deporte destinado a facilitar a los alumnos del curso los conocimientos necesarios para conocer los fundamentos de la antropometría (puntos anatómicos de referencia, material antropométrico, protocolo de medición, error de medición, composición corporal, somatotipo, proporcionalidad) y la relación entre la antropometría, la salud y el rendimiento deportivo.

Curso "ANTROPOMETRÍA PARA SANITARIOS. ASPECTOS TEÓRICOS"

Curso dirigido a sanitarios destinado a facilitar los conocimientos necesarios para conocer los fundamentos de la antropometría (puntos anatómicos de referencia, material antropométrico, protocolo de medición, error de medición, composición corporal, somatotipo, proporcionalidad) y la relación entre la antropometría y la salud.

Curso "PREVENCIÓN DEL DOPAJE PARA MÉDICOS"

Curso dirigido a médicos destinado a proporcionar os conocimientos específicos sobre el dopaje, sobre las sustancias y métodos de dopaje, sus efectos, sus consecuencias, saber el riesgo que corren los deportistas en caso de que se les detecten esas sustancias, cómo pueden utilizar la medicación que está prohibida y conocer las estrategias de prevención del dopaje.

Curso "PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO FÍSICO PARA PACIENTES CRÓNICOS"

Curso dirigido a médicos destinado a proporcionar los conocimientos específicos sobre los riesgos ligados al sedentarismo y las patologías crónicas que se benefician del ejercicio físico, los conceptos básicos sobre el ejercicio físico relacionado con la salud, el diagnóstico y evaluación como base para la prescripción del ejercicio físico, los principios de la prescripción del ejercicio físico, además de describir las evidencias científicas sobre los efectos beneficiosos y útiles del ejercicio físico.

Curso "ENTRENAMIENTO, RENDIMIENTO, PREVENCIÓN Y PATOLOGÍA DEL CICLISMO"

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias y a los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, destinado al conocimiento de las prestaciones y rendimiento del deportista, para que cumpla con sus expectativas competitivas y de prolongación de su práctica deportiva, y para que la práctica deportiva minimice las consecuencias que puede tener para su salud, tanto desde el punto de vista médico como lesional.

Curso "FISIOLOGÍA Y VALORACIÓN FUNCIONAL EN EL CICLISMO"

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias y a los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, destinado al conocimiento profundo de los aspectos fisiológicos y de valoración funcional del ciclismo.

Curso "CARDIOLOGÍA DEL DEPORTE"

Curso dirigido a médicos destinado a proporcionar los conocimientos específicos para el estudio del sistema cardiocirculatorio desde el punto de vista de la actividad física y deportiva, para diagnosticar los problemas cardiovasculares que pueden afectar al deportista, conocer la aptitud cardiológica para la práctica deportiva, realizar la prescripción de ejercicio y conocer y diagnosticar las enfermedades cardiovasculares susceptibles de provocar la muerte súbita del deportista y prevenir su aparición.

Curso "ELECTROCARDIOGRAFÍA PARA MEDICINA DEL DEPORTE"

Curso dirigido a médicos destinado a proporcionar los conocimientos específicos para el estudio del sistema cardiocirculatorio desde el punto de vista del electrocardiograma (ECG).

Curso "AYUDAS ERGOGÉNICAS"

Curso abierto a todos los interesados en el tema que quieren conocer las ayudas ergogénicas y su utilización en el deporte.

Curso "ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN E HIDRATACIÓN EN EL DEPORTE"

Curso dirigido a médicos destinado a facilitar al médico relacionado con la actividad física y el deporte la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para prescribir una adecuada alimentación del deportista.

Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE"

Curso dirigido a los titulados de las diferentes profesiones sanitarias (existe un curso específico para médicos) y para los titulados en ciencias de la actividad física y el deporte, dirigido a facilitar a los profesionales relacionados con la actividad física y el deporte la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para conocer la adecuada alimentación del deportista.

Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE" Para Diplomados y Graduados en Enfermería

Curso dirigido a facilitar a los Diplomados y Graduados en Enfermería la formación precisa para conocer los elementos necesarios para la obtención de los elementos energéticos necesarios para el esfuerzo físico y para conocer la adecuada alimentación del deportista.

Más información:
www.femede.es

Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

La Revista ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE (Arch Med Deporte) con ISSN 0212-8799 es la publicación oficial de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED). Edita trabajos originales sobre todos los aspectos relacionados con la Medicina y las Ciencias del Deporte desde 1984 de forma ininterrumpida con una periodicidad trimestral hasta 1995 y bimestral a partir de esa fecha. Se trata de una revista que utiliza fundamentalmente el sistema de revisión externa por dos expertos (*peer-review*). Incluye de forma regular artículos sobre investigación clínica o básica relacionada con la medicina y ciencias del deporte, revisiones, artículos o comentarios editoriales, y cartas al editor. Los trabajos podrán ser publicados EN ESPAÑOL O EN INGLÉS. La remisión de trabajos en inglés será especialmente valorada.

En ocasiones se publicarán las comunicaciones aceptadas para presentación en los Congresos de la Sociedad.

Los artículos Editoriales se publicarán sólo previa solicitud por parte del Editor.

Los trabajos admitidos para publicación quedarán en propiedad de SEMED y su reproducción total o parcial deberá ser convenientemente autorizada. Todos los autores de los trabajos deberán enviar por escrito una carta de cesión de estos derechos una vez que el artículo haya sido aceptado.

Envío de manuscritos

1. Los trabajos destinados a publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte se enviarán a través del sistema de gestión editorial de la revista (<http://archivosdemedicinadeldeporte.com/revista/index.php/amd>).
2. Los trabajos deberán ser remitidos, a la atención del Editor Jefe.
3. Los envíos constarán de los siguientes documentos:
 - a. **Carta al Editor** de la revista en la que se solicita el examen del trabajo para su publicación en la Revista y se especifica el tipo de artículo que envía.
 - b. **Página de título** que incluirá exclusivamente y por este orden los siguiente datos: Título del trabajo (español e inglés), nombre y apellidos de los autores en este orden: primer nombre, inicial del segundo nombre si lo hubiere, seguido del primer apellido y opcionalmente el segundo de cada uno de ellos; titulación oficial y académica, centro de trabajo, dirección completa y dirección del correo electrónico del responsable del trabajo o del primer autor para la correspondencia. También se incluirán los apoyos recibidos para la realización del estudio en forma de becas, equipos, fármacos...
 - c. **Manuscrito**. Debe escribirse a doble espacio en hoja DIN A4 y numerados en el ángulo superior derecho. Se recomienda usar formato Word, tipo de letra Times New Roman tamaño 12.

Este texto se iniciará con el título del trabajo (español e inglés), resumen del trabajo en español e inglés, que tendrá una extensión de 250-300 palabras. Incluirá la intencionalidad del trabajo (motivo y objetivos de la investigación), la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones. Ha de estar redactado de tal modo que permita comprender la esencia del artículo sin leerlo total o parcialmente. Al pie de cada resumen se especificarán de tres a diez palabras clave en castellano e inglés (keyword), derivadas del Medical Subject Headings (MeSH) de la National Library of Medicine (disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>).

Después se escribirá el texto del trabajo y la bibliografía.

En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.

- d. **Tablas**. Se enviarán en archivos independientes en formato JPEG y en formato word. Serán numeradas según el orden de aparición en el texto, con el título en la parte superior y las abreviaturas descritas en la parte inferior. Todas las abreviaturas no estándar que se usen en las tablas serán explicadas en notas a pie de página.

Las tablas se numerarán con números arábigos según su orden de aparición en el texto.

En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.

- e. **Figuras**. Se enviarán en archivos independientes en formato JPEG de alta resolución. Cualquier tipo de gráficos, dibujos y fotografías serán denominados figuras. Deberán estar numeradas correlativamente según el orden de aparición en el texto y se enviarán en blanco y negro (excepto en aquellos trabajos en que el color esté justificado).

Se numerarán con números arábigos según su orden de aparición en el texto.

La impresión en color tiene un coste económico que tiene que ser consultado con el editor.

En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.

- f. **Propuesta de revisores**. El responsable del envío propondrá un máximo de cuatro revisores que el editor podrá utilizar si lo considera necesario. De los propuestos, uno al menos será de nacionalidad diferente del responsable del trabajo. No se admitirán revisores de instituciones de los firmantes del trabajo.
- g. **Carta de originalidad y cesión de derechos**. Se certificará, por parte de todos los autores, que se trata de un original que no ha sido previamente publicado total o parcialmente.
- h. **Consentimiento informado**. En caso de que proceda, se deberá adjuntar el documento de consentimiento informado

Normas de publicación

que se encuentra en la web de la revista archivos de Medicina del Deporte.

- i. **Declaración de conflicto de intereses.** Cuando exista alguna relación entre los autores de un trabajo y cualquier entidad pública o privada de la que pudiera derivarse un conflicto de intereses, debe de ser comunicada al Editor. Los autores deberán cumplimentar un documento específico.
En el sistema de gestión editorial de la revista se encuentran modelos de los documentos anteriores.
4. La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:
 - a. **Originales:** Máximo de 5.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
 - b. **Revisiones:** Máximo de 5.000 palabras, 5 figuras y 4 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el Editor de la revista.
 - c. **Editoriales:** Se realizarán por encargo del comité de redacción.
 - d. **Cartas al Editor:** Máximo 1.000 palabras.
5. **Estructura del texto:** variará según la sección a la que se destine:
 - a. **ORIGINALES:** Constará de una **introducción**, que será breve y contendrá la intencionalidad del trabajo, redactada de tal forma que el lector pueda comprender el texto que le sigue. **Material y método:** Se expondrá el material utilizado en el trabajo, humano o de experimentación, sus características, criterios de selección y técnicas empleadas, facilitando los datos necesarios, bibliográficos o directos, para que la experiencia relatada pueda ser repetida por el lector. Se describirán los métodos estadísticos con detalle. **Resultados:** Relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y método empleados. Estos datos pueden publicarse en detalle en el texto o bien en forma de tablas y figuras. No se debe repetir en el texto la información de las tablas o figuras. **Discusión:** Los autores expondrán sus opiniones sobre los resultados, posible interpretación de los mismos, relacionando las propias observaciones con los resultados obtenidos por otros autores en publicaciones similares, sugerencias para futuros trabajos sobre el tema, etc. Se enlazarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones gratuitas y conclusiones no apoyadas por los datos del trabajo. Los **agradecimientos** figurarán 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. **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 resumidas en un texto de 3 hojas tamaño DIN A4.
 - d. **OTRAS:** Secciones específicas por encargo del comité editorial de la revista.
6. **Bibliografía:** Se presentará al final del manuscrito y se dispondrá según el orden de aparición en el texto, con la correspondiente numeración correlativa. En el texto del artículo constará siempre la numeración de la cita entre paréntesis, vaya o no vaya acompañado del nombre de los autores; cuando se mencione a éstos en el texto, si se trata de un trabajo realizado por dos, se mencionará a ambos, y si son más de dos, se citará el primero seguido de la abreviatura "et al.". No se incluirán en las citas bibliográficas comunicaciones personales, manuscritos o cualquier dato no publicado.

La abreviatura de la revista Archivos de Medicina del Deporte es *Arch Med Deporte*.

Las citas bibliográficas se expondrán del modo siguiente:

- **Revista:** Número de orden; apellidos e inicial del nombre de los autores del artículo sin puntuación y separados por una coma entre sí (si el número de autores es superior a seis, se incluirán los seis primeros añadiendo a continuación et al.); título del trabajo en la lengua original; título abreviado de la revista, según el World Medical Periodical; año de la publicación; número de volumen; página inicial y final del trabajo citado. Ejemplo: 1. Calbet JA, Radegran G, Boushel R, Saltin B. On the mechanisms that limit oxygen uptake during exercise in acute and chronic hypoxia: role of muscle mass. *J Physiol*. 2009;587:477-90.
 - **Capítulo en libro:** Número de orden; autores, título del capítulo, editores, título del libro, ciudad, editorial, año y páginas. Ejemplo: Iselin E. Maladie de Kienbock et Syndrome du canal carpien. En: Simon L, Alieu Y. *Poignet et Medecine de Reeducation*. Londres: Collection de Pathologie Locomotrice Masson; 1981. p. 162-6.
 - **Libro:** número de orden; autores, título, ciudad, editorial, año de la edición, página de la cita. Ejemplo: Balius R. *Ecografía muscular de la extremidad inferior. Sistemática de exploración y lesiones en el deporte*. Barcelona. Editorial Masson; 2005. p. 34.
 - **Material electrónico,** artículo de revista electrónica: Ejemplo: Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerg Infect Dis*. (revista electrónica) 1995 JanMar (consultado 0501/2004).
Disponible en: <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/eid.htm>
7. La Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE comunicará la recepción de los trabajos enviados e informará con relación a la aceptación y fecha posible de su publicación.
 8. ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE, oídas las sugerencias de los revisores (la revista utiliza el sistema de corrección por pares), podrá rechazar los trabajos que no estime oportunos, o bien indicar al autor aquellas modificaciones de los mismos que se juzguen necesarias para su aceptación.
 9. La Dirección y Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE no se responsabilizan de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.
 10. Envío de los trabajos: Los trabajos destinados a publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte se enviarán a través del sistema de gestión editorial de la revista (<http://archivosdemedicinadeldeporte.com/revista/index.php/amd>).

Ética

Los autores firmantes de los artículos aceptan la responsabilidad definida por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas <http://www.wame.org/> (World Association of Medical Editors).

Los trabajos que se envían a la Revista ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE para evaluación deben haberse elaborado respetando las recomendaciones internacionales sobre investigación clínica y con animales de laboratorio, ratificados en Helsinki y actualizadas en 2008 por la Sociedad Americana de Fisiología (<http://www.wma.net/es/10home/index.html>).

Para la elaboración de ensayos clínicos controlados deberá seguirse la normativa CONSORT, disponible en: <http://www.consort-statement.org/>.

Campaña de aptitud física, deporte y salud



La **Sociedad Española de Medicina del Deporte**, en su incesante labor de expansión y consolidación de la Medicina del Deporte y, consciente de su vocación médica de preservar la salud de todas las personas, viene realizando diversas actuaciones en este ámbito desde los últimos años.

Se ha considerado el momento oportuno de lanzar la campaña de gran alcance, denominada **CAMPAÑA DE APTITUD FÍSICA, DEPORTE Y SALUD** relacionada con la promoción de la actividad física y deportiva para toda la población y que tendrá como lema **SALUD – DEPORTE – DISFRÚTALOS**, que aúna de la forma más clara y directa los tres pilares que se promueven desde la Medicina del Deporte que son el practicar deporte, con objetivos de salud y para la mejora de la aptitud física y de tal forma que se incorpore como un hábito permanente, y disfrutando, es la mejor manera de conseguirlo.

Generador de Hipoxia / Hiperoxia

NUEVO BIOALTITUDE[®] A50

Hipoxia entre 9% y 20% (Hasta 45 litros/minuto)

Hiperoxia entre 70% y 90% (Hasta 5 litros/minuto)



11
kilos



19,1 cm



52 cm

31,8 cm

Accesorios BioAltitude[®]:



Filtro Hepa Bioaltitude[®]
A50



Analizador de oxígeno
Biolaster[®]



Pulsioxímetro BC Oxygen

Todo lo que necesitas
para tu entrenamiento
en altura/hipoxia en
shop.biolaster.com



Sigue nuestro Blog
de Hipoxia:

