

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen. 16 Números. 1-2

Agosto 2023



RAMD

## Originales

- The effects of high-intensity functional training on muscle damage and recovery capacity in trained individuals
- Cardiac autonomic regulation in response to functional power threshold testing in elite cyclists
- Nível de conhecimento do profissional de educação física sobre prescrição de exercício de aeróbio e doenças crônicas
- Efecto de la especificidad de la carga el día antes de la competición en ciclistas Masters de Mountain-Bike. Un estudio piloto
- Activación muscular del hombro y dolor en nadadores infantiles

## Revisiones

- Entrenamiento de equilibrio en la inestabilidad crónica de tobillo. Una revisión sistemática
- Relações entre aptidão cardiorrespiratória, tempo de tela e obesidade em escolares: uma revisão sistemática

## Caso Clínico

- Gonalgia crónica por lipoma arborescente de rodilla. A propósito de un caso

Incluida en



Junta de Andalucía  
Consejería de Turismo, Cultura y Deporte

Scopus®

Dialnet



SciELO

SJR SCImago Journal & Country Rank

REDIB  
Red Iberoamericana  
de Innovación y Conocimiento Científico

latindex

REBIUN  
Red de Bibliotecas Universitarias

idea  
Información Documentación  
Especializada de Andalucía

EBSCOhost

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Publicación Oficial del Centro Andaluz de Medicina del Deporte\*

## DIRECTORA

**María de Nova Pozuelo**

## EDITORES

**Covadonga López López**

**Clemente Rodríguez Sorroche**

## EDITORES DE SECCIÓN

**Danilo Sales Bocalini**

**Arthur Zecchin Oliveira**

## EDITOR DE HONOR

**Marzo Edir Da Silva Grigoletto**

## COMITÉ EDITORIAL

**Eloy Cárdenas Estrada**  
(Universidad de Monterrey, México)

**Cristian Cofré Bolados**  
(Escuela de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud (ECLADES). Universidad de Santiago de Chile. Chile)

**José Alberto Duarte**  
(Universidad de Oporto, Portugal)

**Luisa Estriga**  
(Universidad de Oporto, Portugal)

**Russell Foulk**  
(Universidad de Washington, USA)

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

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

**Ary L. Goldberger**  
(Escuela de Medicina de Harvard, Boston, USA)

**David Jiménez Pavón**  
(Universidad de Cádiz, España)

**Guillermo López Lluch**  
(Universidad Pablo de Olavide, España)

**Nicola A. Maffioletti**  
(Clínica Schulthess, Zúrich, Suiza)

**Estélio Henrique Martin Dantas**  
(Universidad Federal del Estado de Río de Janeiro, Brasil)

**José Naranjo Orellana**  
(Universidad Pablo Olavide, España)

**Sergio C. Oehninger**  
(Escuela de Medicina de Eastern Virginia, USA)

**Fátima Olea Serrano**  
(Universidad de Granada, España)

**Juan Ribas Serna**  
(Universidad de Sevilla, España)

**Jesús Rodríguez Huertas**  
(Universidad de Granada, España)

**Nick Stergiou**  
(Universidad de Nebraska, USA)

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

**Carlos Ugrinowitsch**  
(Universidad de Sao Paulo, Brasil)

## COMITÉ CIENTÍFICO

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

**Guillermo Álvarez-Rey**  
(Centro AMS Málaga, España)

**Natalia Balagué**  
(Universidad de Barcelona, España)

**Benno Becker Junior**  
(Universidad Luterana de Brasil, Brasil)

**Ciro Brito**  
(Universidad Católica de Brasilia, Brasil)

**Joao Carlos Bouzas**  
(Universidad Federal de Viosa, Brasil)

**Luis Carrasco Pérez**  
(Universidad de Sevilla, España)

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

**José Castro Piñero**  
(Universidad de Cádiz, España)

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

**Adela Cristina Cis Spoturno**  
(Centro Médico Almería, España)

**Madalena Costa**  
(Escuela de Medicina de Harvard, Boston, USA)

**Magdalena Cuenca García**  
(Universidad de Cádiz, España)

**Ivan Chulvi Medrano**  
(Servicio de Actividad Física de NOWYOU. España)

**Moisés de Hoyo Lora**  
(Universidad de Sevilla, España)

**Borja de Pozo Cruz**  
(Universidad de Auckland, New Zeland)

**Cloaldo Antonio de Sá**  
(Universidad Comunitaria Regional de Chapecó, Brasil)

**Miguel del Valle Soto**  
(Universidad de Oviedo, España)

**Alexandre Dellal**  
(Centro Médico de Excelencia FIFA, Lyon, France)

**Juan Marcelo Fernández**  
(Hospital Reina Sofía, España)

**Tomás Fernández Jaén**  
(Clínica CEMTRO, España)

**José Ramón Gómez Puerto**  
(Centro Andaluz de Medicina del Deporte, España)

**Juan José González Badillo**  
(Universidad Pablo de Olavide, España)

**Juan Ramón Heredia**  
(Instituto Internacional de Ciencia del Ejercicio Físico y de la Salud, España)

**Mikel Izquierdo**  
(Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte. Gobierno de Navarra, España)

**José Carlos Jaenes**  
(Universidad Pablo Olavide, España)

**Roberto Jerónimo dos Santos Silva**  
(Universidad Federal de Sergipe, Brasil)

**Carla Mandail**  
(Universidad de Lisboa, Portugal)

**Carlos Lago Peñas**  
(Universidad de Vigo, España)

**Fernando Martín**  
(Universidad de Valencia, España)

**Antonio Martínez Amat**  
(Universidad Jaén, España)

**Italo Monetti**  
(Club Atlético Peñarol, Uruguay)

**Alexandre Moreira**  
(Universidad de Sao Paulo, Brasil)

**Elisa Muñoz Gomariz**  
(Hospital Universitario Reina Sofía, España)

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

**Manuel Rosety Plaza**  
(Universidad de Cádiz, España)

**Jonatan Ruiz Ruiz**  
(Universidad de Granada, España)

**Borja Sañudo Corrales**  
(Universidad de Sevilla, España)

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

**Francisco Trujillo Berraquero**  
(Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla, España)

**Diana Vaamonde Martín**  
(Universidad de Córdoba, España)

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

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

© 2023 Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía

La Revista Andaluza de Medicina del Deporte (RAMD) es una revista Open Access o de acceso abierto. Todos los artículos serán accesibles de forma inmediata y permanente para facilitar su lectura y su descarga. Los autores de los artículos remitidos a la revista no realizan aportación económica ni por el envío a la revista, ni por su publicación, en cuyo caso ceden los derechos de copyright sobre el artículo, conservando sus derechos personales (<https://ws208.juntadeandalucia.es/deporte/ramd/index.php/copyright>). El uso por los lectores queda regulado por la licencia de uso Creative Commons: Reconocimiento-No Comercial-Sin obras derivadas (CC-BY-NC-ND). Esta licencia permite al lector: leer, imprimir, y descargar el artículo con fines personales y/o compartirlo con terceros, siempre que se dé crédito al autor y no se modifique la versión del artículo, y en cualquiera de los usos no exista un fin comercial (lucro) con el mismo. En el caso de que el autor, por políticas de la institución a la que pertenece, requiera solicitar una licencia CC-BY después de que su artículo haya sido aceptado, deberá ponerse en contacto con la RAMD a través del correo: editor.ramd.ced@juntadeandalucia.es.

**Nota.** La Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía no tendrá responsabilidad alguna por las lesiones y/o daños sobre personas o bienes que sean el resultado de presuntas declaraciones difamatorias, violaciones de derechos de propiedad intelectual, industrial o privacidad, responsabilidad por producto o negligencia. Tampoco asumirán responsabilidad alguna por la aplicación o utilización de los métodos, productos, instrucciones o ideas descritos en el presente material. En particular, se recomienda realizar una verificación independiente de los diagnósticos y de las dosis farmacológicas.

Los juicios y opiniones expresados en los artículos y comunicaciones publicados en la Revista son exclusivamente del autor o autores. El equipo editorial declina cualquier responsabilidad sobre el material publicado. La Dirección de la RAMD no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores en sus trabajos.

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

### Disponible en internet:

<https://www.juntadeandalucia.es/deporte/ramd/>

**Declaración de privacidad:** Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.

### Contacto:

Centro Andaluz de Medicina del Deporte  
Glorieta Beatriz Manchón, s/n (Isla de la Cartuja). 41092 Sevilla  
Teléfonos: (+34)600 147 508/638  
Correo electrónico:  
[ramd.ced@juntadeandalucia.es](mailto:ramd.ced@juntadeandalucia.es) (Principal)  
[editor.ramd.ced@juntadeandalucia.es](mailto:editor.ramd.ced@juntadeandalucia.es) (Soporte)

Depósito legal: SE. 2821-2008  
ISSN: 1888-7546  
eISSN: 2172-5063  
Publicada en Sevilla (España)

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volumen 16 Números 1-2

Agosto 2023

# Sumario

## Originales

- 1 Los efectos del entrenamiento funcional de alta intensidad sobre el daño muscular y la capacidad de recuperación en individuos entrenados  
*A. Ehmke, P.M. Binhardi, A. Zecchin, R. Aquino, E.F. Puggina*
- 8 Regulación autonómica cardíaca en respuesta a la prueba de umbral de potencia funcional en ciclistas de élite  
*M. Castillo-Aguilar, D. Mabe-Castro, M. Mabe-Castro, V. Oyarzo, K. Harris King, P. Valdés-Badilla, P. Delgado-Floody, J. González-Puelma, C. Núñez-Espinosa*
- 15 Nivel de conocimiento de los profesionales de la educación física sobre la prescripción del ejercicio aeróbico y las enfermedades crónicas  
*F. Ceschini, G. Allegretti João, C. G. S. P. Montenegro João, A. S. Leopoldo, A. P. Lima-Leopoldo, V. Machado Reis, A. Figueira Júnior, D. Sales Bocalini*
- 21 Efecto de la especificidad de la carga el día antes de la competición en ciclistas Masters de Mountain-Bike. Un estudio piloto  
*D. Rodríguez Redondo, F. Barrera Domínguez, J.M. Romero Lorenzo, I. Sánchez Nosea, R. Ortiz Domínguez, H. Vázquez Lorente, J. Molina López*
- 28 Activación muscular del hombro y dolor en nadadores infantiles  
*A.D. Racedo*

## Revisiones

- 33 Entrenamiento de equilibrio en la inestabilidad crónica de tobillo. Una revisión sistemática  
*B. Gómez-Romero, A. Alonso-Calvete, R. Abalo-Núñez*
- 43 Relación entre la aptitud cardiorrespiratoria, el tiempo de pantalla y la obesidad en escolares: una revisión sistemática  
*A. Rosso-Lehnhard, L. Schneiders, C. Reuter, S. Rech-Franke*

## Caso Clínico

- 54 Gonalgia crónica por lipoma arborescente de rodilla. A propósito de un caso  
*B. Sánchez-Galindo*

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volum 16 Numbers 1-2

August 2023

# Contents

## Original Articles

- 1 The effects of high-intensity functional training on muscle damage and recovery capacity in trained individuals  
*A. Ehmke, P.M. Binhardi, A. Zecchin, R. Aquino, E.F. Puggina*
- 8 Cardiac autonomic regulation in response to functional power threshold testing in elite cyclists  
*M. Castillo-Aguilar, D. Mabe-Castro, M. Mabe-Castro, V. Oyarzo, K. Harris King, P. Valdés-Badilla, P. Delgado-Floody, J. González-Puelma, C. Núñez-Espinosa*
- 15 Level of knowledge of physical education professionals about aerobic exercise prescription and chronic diseases  
*F. Ceschini, G. Allegretti João, C. G. S. P. Montenegro João, A. S. Leopoldo, A. P. Lima-Leopoldo, V. Machado Reis, A. Figueira Júnior, D. Sales Bocalini*
- 21 Effect of load specificity on the day before competition in Mountain-Bike Masters cyclists. A pilot study  
*D. Rodríguez Redondo, F. Barrera Domínguez, J.M. Romero Lorencio, I. Sánchez Nosea, R. Ortiz Domínguez, H. Vázquez Lorente, J. Molina López*
- 28 Shoulder muscle activation and pain in child swimmers  
*A.D. Racedo*

## Review Articles

- 33 Balance training in chronic ankle instability. A systematic review  
*B. Gómez-Romero, A. Alonso-Calvete, R. Abalo-Núñez*
- 43 Relationship between cardiorespiratory fitness, screen time and obesity in schools: a systematic review  
*A. Rosso-Lehnhard, L. Schneiders, C. Reuter, S. Rech-Franke*

## Clinical Case

- 54 Chronic knee pain due to arborescent lipoma. About a case  
*B. Sánchez-Galindo*

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Volume 16 Números 1-2

Agosto 2023

# Conteúdo

## Artigos Originais

- 1 Os efeitos do treinamento funcional de alta intensidade sobre dano muscular e capacidade de recuperação em participantes treinados  
*A. Ehmke, P.M. Binhardi, A. Zecchin, R. Aquino, E.F. Puggina*
- 8 Regulação autonômica cardíaca em resposta ao teste de potência do limiar funcional em ciclistas de elite  
*M. Castillo-Aguilar, D. Mabe-Castro, M. Mabe-Castro, V. Oyarzo, K. Harris King, P. Valdés-Badilla, P. Delgado-Floody, J. González-Puelma, C. Núñez-Espinosa*
- 15 Nível de conhecimento do profissional de educação física sobre prescrição de exercício de aeróbio e doenças crônicas  
*F. Ceschini, G. Allegretti João, C. G. S. P. Montenegro João, A. S. Leopoldo, A. P. Lima-Leopoldo, V. Machado Reis, A. Figueira Júnior, D. Sales Bocalini*
- 21 Efeito da especificidade da carga no dia anterior à competição em ciclistas de Mountain-Bike Masters. Um estudo piloto  
*D. Rodríguez Redondo, F. Barrera Domínguez, J.M. Romero Lorenzo, I. Sánchez Nosea, R. Ortiz Domínguez, H. Vázquez Lorente, J. Molina López*
- 28 Ativação muscular do ombro e dor em crianças nadadoras  
*A.D. Racedo*

## Artigos de Revisão

- 33 Treino de equilíbrio na instabilidade crônica do tornozelo. Uma revisão sistemática  
*B. Gómez-Romero, A. Alonso-Calvete, R. Abalo-Núñez*
- 43 Relações entre aptidão cardiorrespiratória, tempo de tela e obesidade em escolares: uma revisão sistemática  
*A. Rosso-Lehnhard, L. Schneiders, C. Reuter, S. Rech-Franke*

## Caso Clínico

- 54 Dor crônica no joelho devido a lipoma arborescente do joelho. Sobre um caso  
*B. Sánchez-Galindo*





Original



## The effects of high-intensity functional training on muscle damage and recovery capacity in trained individuals

Amanda Ehmke<sup>a</sup>, Paula Machado Binhardi<sup>a</sup>, Arthur Zecchin<sup>b,\*</sup>, Rodrigo Aquino<sup>c</sup>, Enrico Fuini Puggina<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> School of Physical Education and Sport of Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, Brazil

<sup>b</sup> Ribeirão Preto Medical School, Department of Physical Therapy, University of São Paulo, Ribeirão Preto, Brazil

<sup>c</sup> LabSport, Department of Sports, Center of Physical Education and Sports, Federal University of Espírito Santo, Vitória, Brazil

ARTICLE INFORMATION: Received 20 February 2023, accepted 7 March 2023, online 4 August 2023

### ABSTRACT

**Objective:** High-Intensity Functional Training (HIFT) is nowadays widely used due to low time demand and efficiency to improve performance and health. The dynamics of recovery of muscle damage and physical fitness after a HIFT in individuals with different fitness status provide a practical information for coaches and practitioners. Therefore, the aim of this study was to verify the muscle damage and performance recovery responses after an acute HIFT session in healthy young men with different fitness status.

**Method:** Sixteen recreationally trained participants (age:  $23.4 \pm 2.4$  y; body mass index:  $24.6 \pm 2.4$  kg·m<sup>-2</sup>; 1RM back squat:  $120.1 \pm 19.9$  kg) were divided into two groups according to their maximum strength (higher-trained [HT] and lower-trained group [LT]), and performed a single HIFT session. Muscle damage (creatinine kinase [CK] and lactate dehydrogenase [LDH]) and physical fitness tests (strength, power, and oxygen consumption) were analyzed before, immediately after, 24h and 48h after the HIFT session. The internal training load for both groups was equalized using the Rating of Perceived Exertion method (RPE) and the percentage 1 repetition maximum (1RM).

**Results:** Biochemical markers and performance indicators showed that both groups suffered exercise-induced muscle damage. There was a trend towards faster muscle damage recovery in HT group.

**Conclusions:** HT group showed higher muscle damage recovery compared to the LT group. A longer recovery time to complete muscle recovery might be expected in the LT group.

**Keywords:** Fatigue; Physical fitness; Recovery; Intermittent training.

## Los efectos del entrenamiento funcional de alta intensidad sobre el daño muscular y la capacidad de recuperación en individuos entrenados

### RESUMEN

**Objetivo:** El Entrenamiento Funcional de Alta Intensidad (HIFT) se utiliza hoy en día ampliamente debido a la baja demanda de tiempo y la eficiencia para mejorar el rendimiento y la salud. La dinámica de recuperación del daño muscular y la forma física después de un HIFT en individuos con diferentes estados de forma proporcionan una información práctica para entrenadores y profesionales. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue verificar el daño muscular y las respuestas de recuperación del rendimiento después de una sesión aguda de HIFT en hombres jóvenes sanos con diferentes estados de forma física.

**Método:** Dieciséis participantes entrenados de forma recreativa (edad:  $23,4 \pm 2,4$  y; índice de masa corporal:  $24,6 \pm 2,4$  kg·m<sup>-2</sup>; 1RM back squat:  $120,1 \pm 19,9$  kg) se dividieron en dos grupos en función de su fuerza máxima (grupo de mayor entrenamiento [HT] y grupo de menor entrenamiento [LT]), y realizaron una única sesión de HIFT. Se analizaron el daño muscular (creatina quinasa [CK] y lactato deshidrogenasa [LDH]) y las pruebas de aptitud física (fuerza, potencia y consumo de oxígeno) antes, inmediatamente después, 24h y 48h después de la sesión de HIFT. La carga de entrenamiento interna para ambos grupos se igualó utilizando el método de Valoración del Esfuerzo Percibido (RPE) y el porcentaje de 1 repetición máxima (1RM).

**Resultados:** Los marcadores bioquímicos y los indicadores de rendimiento mostraron que ambos grupos sufrieron daños musculares inducidos por el ejercicio. Hubo una tendencia a una recuperación más rápida del daño muscular en el grupo HT.

**Conclusiones:** El grupo HT mostró una mayor recuperación del daño muscular en comparación con el grupo LT. Podría esperarse un mayor tiempo de recuperación hasta la recuperación muscular completa en el grupo LT.

\* Corresponding author.

E-mail-address: [arthurzecchin@gmail.com](mailto:arthurzecchin@gmail.com) (Arthur Zecchin).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2023.05.001>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2023 Consejería de Cultura, Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

**Palabras clave:** Fatiga; Condición física; Recuperación; Entrenamiento intermitente.

## Os efeitos do treinamento funcional de alta intensidade sobre dano muscular e capacidade de recuperação em participantes treinados

### RESUMO

**Objetivo:** Treinamento Funcional de Alta Intensidade (HIFT) é hoje amplamente utilizado devido à baixa demanda de tempo e eficiência para melhorar o desempenho e a saúde. A dinâmica de recuperação dos danos musculares e da aptidão física após um HIFT em indivíduos com diferentes estados de aptidão física fornece uma informação prática para treinadores e praticantes. Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar as respostas dos danos musculares e da recuperação do desempenho após uma sessão HIFT aguda em homens jovens saudáveis com diferentes estados de condicionamento físico.

**Método:** Dezesesseis participantes treinados recreacionalmente (idade:  $23,4 \pm 2,4$  anos; índice de massa corporal:  $24,6 \pm 2,4$  kg-m<sup>-2</sup>; 1RM de c6coras:  $120,1 \pm 19,9$  kg) foram divididos em dois grupos de acordo com sua força máxima (grupo mais bem treinado [HT] e grupo menos treinado [LT]), e realizaram uma única sessão HIFT. Os danos musculares (creatina cinase [CK] e lactato desidrogenase [LDH]) e testes de aptidão física (força, potência e consumo de oxigênio) foram analisados antes, imediatamente depois, 24h e 48h após a sessão HIFT. A carga de treinamento interno para ambos os grupos foi equalizada usando o método RPE (Rating of Perceived Exertion) e o percentual 1 máximo de repetição (1RM).

**Resultados:** Os marcadores bioquímicos e os indicadores de desempenho mostraram que ambos os grupos sofreram danos musculares induzidos por exercícios. Havia uma tendência para uma recuperação mais rápida dos danos musculares no grupo HT.

**Conclusões:** O grupo HT mostrou maior recuperação do dano muscular em comparação com o grupo LT. Um tempo de recuperação mais longo pode ser esperado para a recuperação muscular completa no grupo LT.

**Palavras-chave:** Fadiga; Aptidão física; Recuperação; Treinamento intermitente.

### Introduction

High-Intensity Functional Training (HIFT) is a time-efficient training mode widely used in recreational participants.<sup>1</sup> This training program involves repeated short (less than 45 seconds) to long (two or more minutes) bouts of high intensity efforts such as endurance and resistance exercises interspersed with incomplete recovery periods.<sup>1</sup> Recent research on HIFT has reported high energy expenditure, improvements in body composition and absolute strength.<sup>2,3</sup>

HIFT results in exercise-induced muscle damage (MD) and post-exercise fatigue.<sup>4,5</sup> The MD consists of structural muscle disruption as a result of mechanical stress and accumulation of metabolites, culminating in the release of muscle enzymes such as creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH), resulting in a decline in performance (loss of strength and power).<sup>6</sup> Recently, many studies have shown a strong relationship between HIFT and MD.<sup>5,7</sup> Gomes et al.<sup>8</sup> investigated MD following a single 'Cindy' workout session (classified as HIFT) in adult practitioners. The workout elicited significant acute perturbations in the analyzed muscle cells by increased CK activity after the exercise bout (174.9 to 226.7 I.L-1), which remained elevated 24h after the end of the training session. Ertel et al.<sup>9</sup> described the intensity of the training session as the main cause to the MD. Also, it was irrespective to the participants' training level. Recently, Tibana et al.<sup>10</sup> showed that eight recreational male participants increased their CK levels one hour after a HIFT workout compared to those who performed all-out intensity, while those who performed moderate-intensity HIFT workout (rating perceived exertion 6 [RPE]) did not increase their CK levels as much as the all-out intensity group.

Training intensity and short rest intervals are the key factors in muscle damage.<sup>5,11</sup> Tibana et al.<sup>11</sup> reported that nine HIFT athletes tended to increase their CK levels after three days of HIFT with the CK values decreasing only 72h after HIFT workout. According to the authors, this phenomenon may have affected the performance of the study participants. Although the HIFT compromises metabolic, gymnastic and weightlifting exercises, the weightlifting exercises performed at high intensity (multiple repetitions and sets) has been shown to impair performance more than the other variables (i.e., metabolic and gymnastic exercises).<sup>12</sup> The power clean and the snatch movements are common in HIFT-workouts. They are usually performed at submaximal intensities and, as a result, movement velocities and repetitions are higher. Mate-Munoz et al.<sup>4</sup> described that maximum repetitions of the power clean at 40%1RM increased the lactate levels more than 10 fold. Thus, it is expected

that HIFT-workouts involving weightlifting exercises lead to higher training loads than metabolic movements, also resulting in longer recovery periods to restore performance.<sup>4</sup>

Recovery after the HIFT workout is necessary to reverse the negative effects of the fatigue process and allow performance improvement.<sup>13</sup> Previous studies on MD time recovery have reported that 24 h after HIFT workout is not sufficient to reestablish the muscle structure and function.<sup>5,6,10</sup> Interestingly, none of these studies investigated the MD time recovery between individuals of different training levels aiming to understand the dynamics of performance and MD recovery.

In addition to the fact that HIFT is able to increase lactate more than 10-fold and increase CK levels, the literature also describes several key points related to the physiological efficacy of training, such as the improvement of physical capacity, including aerobic and anaerobic capacity, anaerobic power, cardiovascular fitness, body fat reduction, and the ability to maintain high lactate levels during high-volume training.<sup>14</sup> Recently, Meier et al.<sup>15</sup> reported that participants of different training levels who trained with HIFT achieved similar HR behaviour, which is possible due to the HIFT design that combines aerobic and anaerobic exercises intensities. Despite this fact, the more experienced HIFT participants are able to withstand higher loads (i.e., heavier loads [kg]). In this sense, studies investigating the effects of HIFT on MD and performance in subjects with different levels of training are scarce. Therefore, we aimed to investigate exercise-induced MD and recovery utilizing biochemical markers and performance indicators according to fitness status to gain a better understanding of the time-course of recovery in higher and lower trained subjects. Based on previous literature,<sup>7,16,17</sup> we hypothesized that higher trained participants should experience less MD and recover quickly when compared with lower trained participants exposed to the same training protocol.

### Material and methods

#### Participants

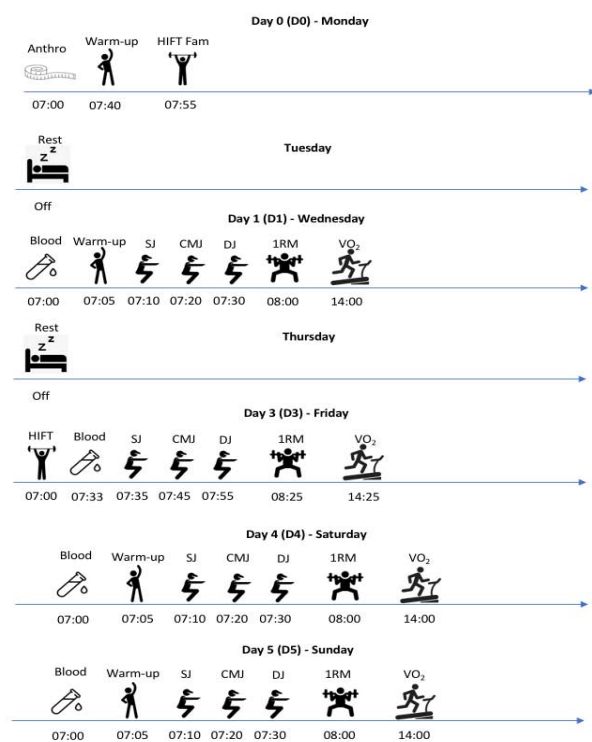
The sample size was obtained by calculating sample power through the number of observations, using the article by Johnston et al.,<sup>18</sup> taking into account variables common to this study, such as CK and lower-limb power measured by the Counter Movement Jump (CMJ), guaranteeing a statistical power of 0.95 and alpha of 5% (software G\*Power – Dusseldorf, Germany). Sixteen trained male participants were divided into 2 equal groups (8 each): higher-trained (HT, Age:  $24.6 \pm 4$  years; BMI:  $21.6 \pm 2.8$  kg-m<sup>-2</sup>;



training experience:  $3 \pm 1.3$  years) and lower-trained (LT, Age:  $22.3 \pm 2.9$  years; BMI:  $20.5 \pm 1.6$  kg·m<sup>-2</sup>; training experience:  $2.7 \pm 1.5$  years) according to lower-limb relative strength (for the back squat exercise) and training history (physical activity practice for at least for 1 year for the first group, with training frequency maintained, and training time not determined for the second group, with non-systematic physical training). The participants were included if they met the following criteria: training experience of at least one year; at least one national/international competition before 2022, and free of medication or performance enhancing drugs based on a questionnaire. The recommendation was to avoid changes in dietary parameters and no additional exercise during the trials. Individuals with pre-existing diseases or injuries were excluded from the protocol. They signed the free and informed consent approved by the local research ethics committee (Nº: 73304717.0.0000.5659). All the experiments complied with current legislation (Declaration of Helsinki).

### Experimental Design

Participants visited the pre-established local 5 times. At the first contact - day 0 (D0), anthropometric measurements were taken and they performed partial HIFT workout to familiarize themselves with the training session (one set of HIFT session; suggested RPE = 5). Forty-eight hours after de D0, the participants were engaged to perform four different procedures: 1. Blood sampling; 2. Vertical jumps - Squat Jump (SJ), Counter Movement Jump (CMJ) and Drop Jump (DJ); 3. 1RM test; 4. Incremental treadmill test. Forty-eight hours after D1, on day 3 (D3), they performed the proposed HIFT workout and immediately afterwards all the above-mentioned tests were performed in the same order ("post-test"). All the procedures were repeated after 24 and on 48 h after the HIFT session (Figure 1).



**Figure 1.** Experimental design. Note: Anthro, Anthropometry; HIFT, high-intensity functional training; HIFT Fam, high-intensity functional training familiarization; Blood, blood sample; SJ, squat jump; CMJ, Counter Movement Jump; DJ, Drop Jump; 1 RM, 1 repetition maximum.

### Procedures

The analyzed variables to determine muscle damage (MD) and recovery behaviour were 1. Enzymatic activity of CK and LDH and 2. Physical performance (strength, power and estimation of maximal oxygen consumption).

#### Strength test

To measure maximum strength, the 1RM test which is a valid and reliable method to determine maximal strength was performed for the back-squat exercise.<sup>19, 20</sup> The back-squat started with the barbell on the rack. The subjects positioned the barbell on the shoulder with extended wrists and flexed elbows. The Subjects' feet were shoulder-width apart, with the toes pointing forward and slightly outwards. Subjects squatted at a knee angle of approximately 120° and then fully extended their hips and knees. The exercise was examined through visual inspection by an experienced instructor who had 10 years of coaching experience with weightlifters.<sup>21</sup>

All the participants had experience with the protocol. Initially, to perform a warm-up, the participants do a stimulus of 5 to 10 repetitions at 40-60% of the predicted maximum load; 1 minute of passive interval; the second stimulus of 3 to 5 repetitions at 60-80% of the predicted maximum load; passive 2 minutes rest; the third stimulus of 2 to 3 repetitions with 90% of the predicted maximum load. Finally, after a passive rest (3 to 5 minutes), the participants had their first attempt to perform the 1RM. If the practitioner performed more than one complete repetition (eccentric and concentric phase) in the final test phase, the attempt was repeated after a 3 to 5 minutes interval. If the 1RM was not obtained in 3 attempts the participant repeated the protocol after an interval of 48 hours.<sup>22</sup>

#### Power test

To verify lower limb power the groups performed three types of vertical jumps which proved to be valid and provide high reliability - Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ) and Drop Jump (DJ) at a sectorized mat Ergo Jump Platform (Cefise®, Nova Odessa - Brazil).<sup>23</sup> SJ: standing on the mat, with feet parallel right under the shoulders and hands resting on waist the participant performed a vertical jump starting in the 90° flexion position of the knee. CMJ: following the same position before the participant started from the upright position to perform the simultaneous knee and hip flexion and extension, for the subsequent performance of vertical jump. DJ: falling from the top of a 40 cm box to the mat, trying to get out of the mat as soon as the feet touched it and avoiding hip or knee flexion. There were 3 attempts for each jumping technique (SJ, CMJ and DJ), with intervals of 1 minute between attempts of the same technique and 5 minutes between different techniques. For statistical analysis, it was considered the best jump between the three attempts of each jumping technique.

#### Estimative of maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max)

Both groups performed the incremental test on a treadmill using the Ellestad protocol which is a well-stabilized protocol to assess the VO<sub>2</sub>max (24, 25). The test started with 3 minutes of walking at 2.7 km/h at a 10% grade, followed by three stages 2 minutes each at 4.8; 6.4 and 8km/h; 3 minutes of running at 8 km/h at 15% grade, followed by 2 minutes at 9.7; 11.3; 12.9; 14.5; 16.1; 17.7; 19.3; 20.9; 22.5 km/h or until fatigue. Thus, from time (t) in minutes obtained, the estimative of VO<sub>2</sub>max was establish by equation:

$$VO_{2max} (\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 4,46 + (3,933 * t)^{24}$$

#### HIFT workout

The training load for both groups was equalized by RPE-8 on a scale from 0 to 10 (CR-10), and through 1RM for squat exercise (70%1RM). Participants performed a standardized warm up protocol walking on a treadmill at 6km/h for 5 minutes followed by 3 sets of 2 mobility exercises lasting 6 minutes (1. adduction and abduction; 2. flexion and extension of hips and shoulders simultaneously) during 40 seconds with 20 seconds of passive recovery between exercises and series. After three minutes of rest, the HIFT session composed by 3 sets of Back Squats (70% 1RM); Shoulder presses (self-determined load following RPE-8); Burpees; Abdominal Sit-Ups for 40 seconds (at self-selected close to maximal intensity considering RPE 8) with a passive recovery of 60 seconds between each exercise and series was performed. **Table 1** summarizes such information of the HIFT protocol.

**Table 1.** Warm up, mobility and HIFT workout structure.

	EXERCISES	DURATION (t)	INTENSITY	REST (t)	TOTAL (t)
<b>WARM UP</b>	Treadmill walk	5'	6km/h	-	5'
<b>MOBILITY (3 sets)</b>	Adduction and abduction <sup>1</sup>	40"	RPE - 4	20"	-
	Flexion and extension <sup>1</sup>	40"	RPE - 4	20"	-
	<b>TOTAL</b>	9'	-	2'	11'
<b>PASSIVE REST</b>					
<b>HIFT SESSION (3 sets)</b>	Squat	40"	70% 1RM	60"	-
	Shoulder press	40"	Self-selected load (RPE - 8)	60"	-
	Burpee	40"	RPE - 8	60"	-
	Sit Up	40"	RPE - 8	60"	-
	<b>TOTAL</b>	8'	-	11'	19'
<b>WARM UP + MOBILITY + HIFT SESSION</b>					
<b>33'</b>					

<sup>1</sup>hips and shoulders simultaneously. Note: RPE, Rating perceived exertion; t, time. ('), minute/s; ("), seconds; RM, repetition maximum.

**Statistical Analysis**

Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics software, version 22.0 for Windows. The normality of the data (Shapiro-Wilk) and the Mauchly's sphericity test were verified, and violation was detected for sphericity test. The repeated measures of ANOVA (group x time) were used after the univariate analysis for correction. Repeated measures of ANOVA were computed to determine possible differences between and within the values of CK and LDH activities, jump performance, maximum strength, and aerobic power as a function of the groups analyzed and evaluation of the times pre- and post- HIFT workout. Bonferroni post-hoc test was used. To characterize the size of the effects, the Partial eta-squared ( $\eta^2$ ) was also computed (26). The significance level was pre-fixed at 5% ( $p < 0.05$ ).

**Results**

*Participants*

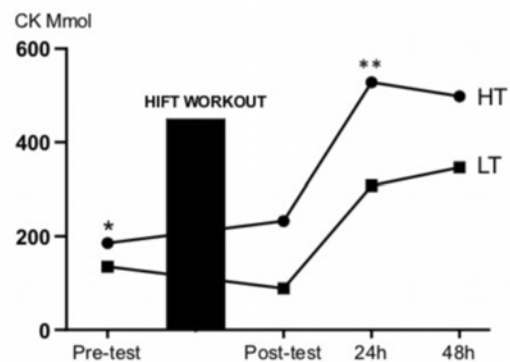
The characteristics of the participants and groups are shown in **Table 2**.

**Table 2.** Characteristics of participants.

Variables	HT (n = 8) Mean ± SD (95% CI)	LT (n = 8) Mean ± SD (95% CI)	p ( $\eta_p^2$ ) Between group differences (95% CI)
Age (years)	24,6 ± 4 (21.5-29.9)	22,2 ± 2,9 (19.7-24.7)	0.201 (0.62)
Height (cm)	173.1 ± 4.6 (1.69-1.76)	177.5 ± 4.6 (1.73-1.81)	0.080 (0.94)
Body mass (kg)	74.8 ± 10.8 (65.7-83.9)	76.43 ± 6.1 (81.2-81.5)	0.733 (0.17)
Load on 1RM (kg)	137.2 ± 29.4 (112.6-161.8)	103.00 ± 10.4 (94.2-111.7)*	0.008 (1.55)
Relative Strength <sup>1</sup> (a.u.)	1.8 ± 0.2 (1.6-2)	1.34 ± 0.7 (1.2-1.8)*	0.001 (2.82)

Note: HT, higher trained; LT, low trained; cm, centimeters; kg, kilogram; RM, maximum repetition; a.u., arbitrary units; \*: significant differences from HT group <sup>1</sup>squat exercise.

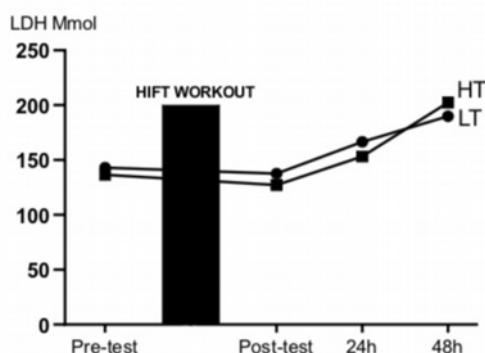
CK activity was only significantly increased between groups comparing pre-HIFT workout ( $\eta^2=0.10$ ;  $p=0.043$ ). Despite this result, CK increased 52% comparing pre-HIFT workout for HT group vs. post-HIFT workout LT group ( $\eta^2=0.98$ ;  $p=0.347$ ); 65% comparing 24h post-HIFT workout LT group vs. pre-HIFT workout HT group ( $\eta^2=0.75$ ;  $p=0.589$ ); 86% comparing 48h post-HIFT workout LT group vs. pre-HIFT workout HT group ( $\eta^2=0.89$ ;  $p=0.769$ ); 62% comparing post-HIFT workout HT group vs. post-HIFT workout LT group ( $\eta^2=0.37$ ;  $p=0.328$ ); 32% comparing 24h post-HIFT workout LT group vs. post-HIFT workout HT group ( $\eta^2=0.44$ ;  $p=0.795$ ); 48% comparing 48h post-HIFT workout LT group vs. post-HIFT workout HT group ( $\eta^2=0.98$ ;  $p=0.396$ ); 62% comparing 24h post-HIFT workout HT group vs. 24h post-HIFT workout LT group ( $\eta^2=0.72$ ;  $p=0.961$ ); 35% comparing 24h post-HIFT workout HT group vs. 48h post-HIFT workout LT group ( $\eta^2=0.42$ ;  $p=0.948$ ); and finally, 30% comparing 48h post-HIFT workout HT group vs. 48h post-HIFT workout LT group ( $\eta^2=0.66$ ;  $p=0.991$ ). **Figure 2a** shows the time course of CK activity between and within groups.



**Figure 2a.** Time course of CK concentration pre- and post- HIFT workout. Note: Main values (standard error). CK, creatine kinase; HIFT: high-intensity fitness training; HT, higher trained group; LT, lower trained group. \*, difference between groups (pre-test); \*\*, difference within groups to post-test.

LDH did not change between or within groups pre-, post-, 24h post- or 48h post-HIFT workout (n.s.). Despite these results, LDH increased 5.5% comparing pre-HIFT workout HT group vs. pre-HIFT workout LT group ( $\eta^2=0.23$ ;  $p=0.847$ ); 11% comparing pre-HIFT workout HT group vs. post-HIFT workout LT group ( $\eta^2=0.43$ ;  $p=0.792$ ); 7% comparing 24h post-HIFT workout LT group vs. pre-HIFT workout HT group ( $\eta^2=0.23$ ;  $p=0.922$ ); 41%

comparing 48h post-HIFT workout LT group vs. pre-HIFT workout HT group ( $\eta=1.35$ ;  $p=0.526$ ); 7% comparing post-HIFT workout HT group vs. post-HIFT workout LT group ( $\eta=0.30$ ;  $p=0.648$ ); 11% comparing 24h post-HIFT workout LT group vs. post-HIFT workout HT group ( $\eta=0.37$ ;  $p=0.692$ ); 47% comparing 48h post-HIFT workout LT group vs. post-HIFT workout HT group ( $\eta=1.53$ ;  $p=0.484$ ); 8% comparing 24h post-HIFT workout HT group vs. 24h post-HIFT workout LT group ( $\eta=0.37$ ;  $p=0.376$ ); 21% comparing 48h post-HIFT workout LT group vs. 24h post-HIFT workout HT ( $\eta=0.78$ ;  $p=0.921$ ); and finally, 6.5% comparing 48h post-HIFT workout LT group vs. 48h post-HIFT workout HT group ( $\eta=0.22$ ;  $p=0.638$ ). **Figure 2b** shows the time course of LDH activity between and within groups.



**Figure 2b.** Time course of LDH concentration pre- and post- HIFT workout. Note: Main values (standard errors). CK, creatine kinase; HIFT: high-intensity fitness training; HT, higher trained group; LT, lower trained group. \*, difference between groups (pre-test); \*\*, difference within groups to post-test.

Our results showed significant differences between groups for 1RM at all time points comparing HT vs. LT at pre-test ( $\eta=0.40$ ;  $p=0.008$ ); post-test ( $\eta=0.37$ ;  $p=0.012$ ); 24h ( $\eta=0.42$ ;  $p=0.006$ ) and 48h ( $\eta=0.46$ ;  $p=0.013$ ) and also for relative strength comparing HT vs. LT in pre-test ( $\eta=0.65$ ;  $p<0.001$ ); post-test ( $\eta=0.60$ ;  $p<0.001$ ); 24h ( $\eta=0.66$ ;  $p<0.001$ ) and 48h ( $\eta=0.58$ ;  $p=0.001$ ). There were no differences between the two groups for moments of the vertical jump and the relative power in "W·kg<sup>-1</sup>" measured at the SJ, CMJ and DJ for estimation of oxygen consumption (n.s.). However, significant differences were observed for the vertical jump in "cm" from CMJ reduced post-HIFT workout for both groups, demonstrating lower limb fatigue, pre-HIFT workout vs. post-HIFT workout for HT group ( $\eta=1.11$ ;  $p=0.024$ ) and LT group ( $\eta=0.80$ ;  $p=0.017$ ) and from relative CMJ values comparing pre-HIFT workout vs. post-HIFT workout for HT group ( $\eta=1.11$ ;  $p=0.035$ ) and LT group ( $\eta=0.76$ ;  $p=0.019$ ). The LT group reduced the VO<sub>2</sub>max right post-HIFT workout, pre-HIFT workout vs. post-HIFT workout for LT group ( $\eta=1.21$ ;  $p=0.001$ ). Data pertaining the performance variables are exposed in **table 3**.

## Discussion

The aim of this study was to verify the acute MD and the time course of recovery after a HIFT workout in two different groups. A novel finding is that CK or LDH did not change over time between LT and HT groups. Also, the HT group had higher CK activity pre-HIFT when compared to the LT group, and CK activity was significantly increased after 24 h compared to the HT group post-HIFT. Our hypothesis was not confirmed since the HT group had higher MD values after HIFT workout.

This is not the first study to observe physiological impairments prior to HIFT workout in higher trained participants. Perciavalle et al.<sup>27</sup> investigated the lactate responses in professional female CrossFit athletes performing a HIFT workout. Pre-HIFT lactate

levels were found to be higher than those normally found at rest (4.5mmol).

Timón et al.<sup>28</sup> found that two days of HIFT workout in trained male participants increased the CK levels, which returned to basal levels after 48h of HIFT workouts. CK, which represents muscle damage and metabolism may provide information about training intensity. Therefore, the results of the present study suggest that muscle damage occurs after a single HIFT-workout in trained participants, probably due to their previously demonstrated ability to perform exercises at higher intensities.<sup>15</sup>

Although the CK levels were higher in the HT group, this did not affect the participants' ability to recover the lower limbs power. The HT and LT groups showed a decrease in lower limb power post-HIFT workout, but this was restored after 24 h after the training workout.

Tibana et al.<sup>6</sup> reported that two days of HIFT workout impaired pro- and anti-inflammatory cytokines and osteoprotegerin without impairing lower limbs muscle strength in experienced HIFT workout male participants. These results corroborate previous studies by our research group, which recently showed that two days of simulated competition did not impair anaerobic power or fatigue in HIFT athletes.<sup>29</sup> Timón et al.<sup>28</sup> investigated two days of HIFT workouts (two training workouts including weightlifting, metabolic and gymnastic exercises) on biochemical parameters and physical performance (plank test) in trained HIFT participants (VO<sub>2</sub>max: 47.8 ± 3.6 ml.kg.min<sup>-1</sup>, 1RM power clean: 93.2 ± 7.6kg). Both, physical performance and biochemical parameters such as blood glucose, hepatic transaminases, and CK were impaired for 24h after the training workouts completed and returned to basal levels after 48 h of training workouts.

Regarding the VO<sub>2</sub>max, only the LT group decreased the VO<sub>2</sub>max post-HIFT workout, reestablishing its values after 24h HIFT workout. Interestingly, there were no differences in pre-VO<sub>2</sub>max test between groups, however, the LT group decreased their VO<sub>2</sub>max post-HIFT workout. Here, the HT group did not decrease their VO<sub>2</sub>max post-HIFT workout. Studies evaluating participants at different levels of training have shown that, in part, the movement economy (ME) plays an important role in training and race performance.<sup>30</sup> In brief, factors such as metabolic efficiency, cardiorespiratory efficiency, training experience, biomechanical efficiency, and neuromuscular efficiency are able to determine the most ME athletes. Although we did not evaluate the ME, it is expected that the HT group would have better ME than the LT group.

This manuscript is not free of imitations, among them we can mention: i) many aspects influencing recovery were not investigated, ii) the absence of a control group, iii), the dietary and resting control of the participants was not performed in the periods before the collections. Our finds reveal the acute effects of HIFT-workout on MD and recovery regarding training status, additional research should be conducted aiming to understand the chronic effects of HIFT-workout on these variables. Besides that, this study strengthens the evidence that trained subjects are able to exercise more for the same relative intensity than less trained subjects. Additionally, the time required to recover their biological functions appears to be shorter.

## Conclusion

In conclusion, a single HIFT session utilizing squat, shoulder press, burpee and sit-up movements elicited a significant level of CK in the HT group 24 h after the training session. More importantly, the results showed a higher basal CK activity in the HT group compared to the LT group, indicating a poor recovery from the last training/exercise programme. Coaches and practitioners should be advised of the potential MD caused by a single HIFT session in trained participants. Further research is needed to better clarify the similarities or differences between the physiological markers of MD, neuromuscular performance and a single HIFT session.

### Practical Applications

Practitioners may use neuromuscular and physiological assessments to determine the potential effects of a HIFT session on trained participants. Analysis of CK activity is important to prevent loss of performance and reduce the risks of injury. This study supports previous studies that have shown CMJ to be a predictor of fatigue and stress.<sup>31, 32</sup> Training intensity and volume management should be considered following neuromuscular and physiological assessments to improve training performance. Finally, this information may be useful for coaches to optimize the training prescription and minimize the potential negative effects associated with the performance of the HIFT session.

**Authorship.** All the authors have intellectually contributed to the development of the study, assume responsibility for its content and also agree with the definitive version of the article. **Conflicts of interest.** The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript. **Funding.** This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES – Finance Code: 001). **Acknowledgements.** The authors would like to thank Eike Bianchi Kohama and José Artur Berti Júnior for their support during the course of the research project. **Provenance and peer review.** Not commissioned; externally peer reviewed. **Ethical Responsibilities.** *Protection of individuals and animals:* The authors declare that the conducted procedures met the ethical standards of the responsible committee on human experimentation of the World Medical Association and the Declaration of Helsinki. *Confidentiality:* The authors are responsible for following the protocols established by their respective healthcare centers for accessing data from medical records for performing this type of publication in order to conduct research/dissemination for the community. *Privacy:* The authors declare no patient data appear in this article.

### References

1. [Feito Y, Brown C, Olmos A. A content analysis of the high-intensity functional training literature: A look at the past and directions for the future. Hum Mov. 2019;20\(2\):1-15.](#)
2. [Bahremand M, Hakak Dokht E, Moazzami M. A comparison of CrossFit and concurrent training on myonectin, insulin resistance and physical performance in healthy young women. Arch Phys Bio. 2020;0\(0\):1-7.](#)
3. [Browne JD, Carter R, Robinson A, Hu J, Neufeld EV, Dolezal BA. Not All HIFT Classes Are Created Equal : Evaluating Energy Expenditure and Relative Intensity of a High-Intensity Functional Training Regimen. Int J Exer Sci. 2020;13\(4\):1206-16.](#)
4. [Mate-Munoz JL, Lougedo JH, Barba M, Garcia-Fernandez P, Garnacho-Castano MV, Dominguez R. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. PLoS One. 2017;12\(7\):1-17.](#)
5. [Heavens KR, Szivak TK, Hooper DR, Dunn-Levwis C, Comstock BA, Flanagan SD, et al. The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. J Strength Cond Res. 2014;28\(4\):1041-9.](#)
6. [Tibana RA, Almeida LM, Sousa FNM, Nascimento DC, Neto IV, Almeida JA, et al. Two Consecutive Days of Crossfit Training Affects Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in Muscle Power. Front Physiol. 2016;7\(1\):1-8.](#)
7. [Takahashi H, Inaki M, Fujimoto K, Katsuta S, Anno I, Nütsu M, et al. Control of the rate of phosphocreatine resynthesis after exercise in trained and untrained human quadriceps muscles. Eur J A Phys Occu Phys. 1995;71\(5\):396-404.](#)
8. [Gomes JH, Mendes RR, Franca CS, Da Silva-Grigoletto ME, Pereira da Silva DR, Antonioli AR, et al. Acute leucocyte, muscle damage, and stress marker responses to high-intensity functional training. PloS one. 2020;15\(12\):1-17.](#)
9. [Ertel K, Hallam J, Hillman A. The effects of training status and exercise intensity on exercise-induced muscle damage. J Sport Med Phys Fit. 2020;60\(3\):449-55.](#)
10. [Tibana RA, de Sousa Neto IV, de Sousa NMF, dos Santos WM, Prestes J, Neto JHF, et al. Time-course effects of functional fitness sessions performed at different intensities on the metabolic, hormonal, and BDNF responses in trained men. BMC Sports Sci Med R.](#)
11. [Tibana RA, Prestes J, Sousa N. Time-Course of Changes in Physiological , Psychological and Performance markers Following a Functional-Fitness Competition. Int J Exer Sci. 2019;12\(3\):904-18.](#)
12. [Mate-Munoz JL, Lougedo JH, Barba M, Canuelo-Marquez AM, Guodemar-Perez J, Garcia-Fernandez P, et al. Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit Workouts. J Sports Sci Med. 2018;17\(4\):668-79.](#)
13. [Chiu L, Barnes J. The Fitness-Fatigue Model Revisited: Implications for Planning Short- and Long-Term Training. National Strength & Conditioning Association. 2003;25\(6\):42-51.](#)
14. [Gianzina E, Kassotaki O. The benefits and risks of the high-intensity CrossFit training. Sport Science for Health. 2019;1\(1\):1-13.](#)
15. [Meier N, Sietmann D, Schmidt A. Comparison of Cardiovascular Parameters and Internal Training Load of Different 1h Training Sessions in Non-elite CrossFit® Athletes. J Sci S Exer. 2022\(0123456789\).](#)
16. [Barbieri JF, Turatti G, Cruz DA, Arcila LUZA, Gaspari AF, Moraes ACDE. A comparison of cardiorespiratory responses between CrossFit ® practitioners and recreationally trained individual. 2019;19\(3\).](#)
17. [Messonnier LA, Emhoff CA, Fattor JA, Horning MA, Carlson TJ, Brooks GA. Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained men. J Appl Physiol \(1985\). 2013;114\(11\):1593-602.](#)
18. [Johnston M, Cook CJ, Crewther BT, Drake D, Kilduff LP. Neuromuscular, physiological and endocrine responses to a maximal speed training session in elite games players. Eur J Sport Sci. 2015;15\(6\):550-6.](#)
19. [Matuszak M, fry A, Weiss L, Ireland T, McKnight M. Effect of rest interval length on repeated 1 repetition maximum back squats. J Strength Cond Res. 2003;17\(4\):634-7.](#)
20. [Shimano T, Kraemer W, Spiering B, Volek J, Hatfield D, Silvestre R, et al. Relationship Between the Number of Repetitions and Selected Percentages of One Repetition Maximum in Free Weight Exercises in Trained and Untrained Men. J Strength Cond Res. 2006;2.](#)
21. [Pierce K. Basic Back Squat. Strength Cond J. 1997;19:20-1.](#)
22. [ACMS. ACSM'S Guidelines for exercise testing and prescription. Chapter 3: Health-related physical fitness testing and interpretation. USA: Wolters Kluwer; 2014.](#)
23. [Walsh W, Bangen K, Ford K, Myer G. The Validation of a Portable Force Plate for Measuring Force-Time Data During Jumping and Landing Tasks. J Strength Cond Res. 2006;20\(4\):730-4.](#)
24. [Ellestad M, Wan M. Predictive implications of stress testing: follow-up of 2700 subjects after maximum treadmill stress testing. Circulation. 1975;51\(1\):363-69.](#)
25. [Pollock M, Bohannon R, Cooper K, Ayres J, Ward A, White S, et al. A comparative analysis of four protocols for maximal treadmill stress testing. Am Heart J. 1976;92\(1\):39-46.](#)
26. [Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 1988.](#)
27. [Perciavalle V, Marchetta NS, Giustiniani S, Borbone C, Perciavalle V, Petralia MC, et al. Attentive processes, blood lactate and CrossFit. Phys Sportsmed. 2016;44\(4\):403-6.](#)
28. [Timón R, Olcina G, Camacho-Cardenosa M, Camacho-Cardenosa A, Martinez-Guardado I, Marcos-Serrano M. 48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance](#)

- after two modalities of CrossFit workouts. *Biol Sport*. 2019;36(3):283-9.
29. Zecchin A, Puggina E, Granacher U, Hortobágyi T. Two days of simulated CrossFit competition affect autonomic nervous system but not anaerobic power or fatigue. *J Sport Med Phys Fit*. 2022;62(12):1592-9.
30. Barnes KR, Kilding AE. Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Med Open*. 2015;1(1):8.
31. Watkins CM, Barillas SR, Wong MA, Archer DC, Dobbs JJ, Lockie RG, et al. Determination of Vertical Jump as a Measure of Neuromuscular Readiness and Fatigue. *J Strength Cond Res*. 2017;31(12):3305-10.
32. Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. Springer International Publishing; 2018. 539-83

**Table 3.** Values of performance parameters at pre-, post-, 24h-post, and 48h-post high intensity functional training workout on lower trained and higher trained groups.

	Pre-test		Post-test		24h after		48h after	
	HT	LT	HT	LT	HT	LT	HT	LT
Height SJ (cm)	36.4 ± 3.86 (34.2-40.6)	34.65 ± 4.15 (32.2-39.1)	33.5 ± 7.00 (27.4-39.2)	32.1 ± 4.42 (29.7-37.1)	34.35 ± 4.93 (32-40.3)	34.6 ± 4.2 (32-39)	33.45 ± 6.6 (30.2-41.3)	32.9 ± 5.4 (29-38.1)
Height CMJ (cm)	39.5 ± 5.8 (36.4-46.1)	37.4 ± 3.6 (35.7-41.8)	36.5 ± 3.1 (33.4-38.7)*	34.1 ± 4 (32.3-39.1)*	38.1 ± 6 (35-45)	37.6 ± 5.1 (34.9-43.4)	39 ± 6.6 (33.6-44.7)	35.1 ± 6.6 (30.8-41.8)
Height DJ (cm)	29.6 ± 6.4 (23.3-34.1)	34.15 ± 7.1 (27-38.9)	30.05 ± 6.4 (24.5-35.2)	27.4 ± 6.4 (22.6-33.5)	29.75 ± 8.1 (24.4-38.1)	30.3 ± 5.5 (24.1-33.3)	26 ± 10.4 (20.1-37.6)	27.7 ± 4.7 (24.2-32.1)
Relative Power SJ (W·kg <sup>-1</sup> )	47.7 ± 5.3 (42.6-51.5)	45.9 ± 3.7 (43.8-50)	45 ± 5.6 (40.1-49.5)	43.9 ± 3.6 (41.9-48)	45.7 ± 3.7 (44-50.2)	45.9 ± 3.5 (43.7-49.6)	44.9 ± 6.3 (40.6-51.2)	44.4 ± 4.5 (41.2-48.8)
Relative Power CMJ (W·kg <sup>-1</sup> )	49.9 ± 4.8 (47.6-55.4)	48.2 ± 3.3 (46.5-52.2)	47.7 ± 2.5 (45.1-49.3)*	45.4 ± 3.3 (44-49.5)*	48.7 ± 4.9 (46.2-54.5)	48.5 ± 4.3 (46-53.2)	49.7 ± 6 (43.3-53.4)	46.2 ± 5.5 (42.7-51.9)
Relative Power DJ (W·kg <sup>-1</sup> )	42.1 ± 5.9 (35.7-45.7)	45.5 ± 5.4 (40.1-49.2)	41.7 ± 4.8 (36-44.1)	40.2 ± 4.9 (46.4-44.7)	41.8 ± 6.8 (37.1-48.5)	42.2 ± 4.5 (37.1-44.8)	38.5 ± 9.6 (31.4-47.6)	40.1 ± 3.7 (37.5-43.8)
1RM (kg)	143 ± 29.4 (112.6-161.8)	103 ± 10.4 (94.2-111.1)	128 ± 26.8 (107.8-152.6)	102 ± 10.9 (91.3-109.6)	140 ± 29.3 (111.4-160.5)	100 ± 10.7 (91.5-109.4)	142 ± 32.1 (108.9-162.5)	99 ± 11.4 (91.9-111)
Relative Strength (u.a.)	1.7 ± 0.2 (1.6-2)	1.3 ± 0 (1.2-1.4)	1.6 ± 0.2 (1.5-1.9)	1.3 ± 0.0 (1.2-1.3)	1.7 ± 0.2 (1.5-2)	1.3 ± 0.0 (1.2-1.3)	1.7 ± 0.2 (1.5-2)	1.3 ± 0.1 (1.2-1.4)
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	44.4 ± 2.3 (42.8-46.7)	46 ± 2.4 (44-48.1)	42.2 ± 2.3 (40.8-44.8)	43.7 ± 3 (40.1-45.2)*	43.6 ± 1.7 (42.2-45.9)	43.8 ± 3.3 (41.1-46.7)	43.3 ± 1.7 (40.3-45.9)	43.9 ± 3.9 (40.2-46.8)

Data are presented as mean ± SD (95% CI). Note: SJ, Squat Jump; CMJ, Counter Movement Jump; DJ, Drop Jump; RM, repetition maximum; a.u., arbitrary units; LT, lower-trained group; HT, higher-trained group; \*, significant differences between moments compared to pre-test; bold highlight, significant differences between all-time points comparing HT and LT.



Original



## Cardiac autonomic regulation in response to functional power threshold testing in elite cyclists

M. Castillo-Aguilar<sup>a,b</sup>, D. Mabe-Castro<sup>a,b</sup>, M. Mabe-Castro<sup>b,c</sup>, V. Oyarzo<sup>b,d</sup>, K. Harris King<sup>a,b</sup>, P. Valdés-Badilla<sup>e,f</sup>, P. Delgado-Floody<sup>g,h</sup>, J. González-Puelma<sup>b,c</sup>, C. Núñez-Espinosa<sup>b,c,\*</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Kinesiología, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

<sup>b</sup> Centro Asistencial de Docencia e Investigación (CADI-UMAG), Punta Arenas Chile.

<sup>c</sup> Escuela de Medicina, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

<sup>d</sup> Fonoaudiología, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

<sup>e</sup> Department of Physical Activity Sciences, Faculty of Education Sciences, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

<sup>f</sup> Sports Coach Career, School of Education, Universidad Viña del Mar, Viña del Mar, Chile.

<sup>g</sup> Department of Physical Education, Sport and Recreation, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>h</sup> Strength & Conditioning Laboratory, CTS-642 Research Group, Department Physical Education and Sports, Faculty of Sport Sciences, University of Granada, Granada, Spain.

ARTICLE INFORMATION: Received 23 December 2022, accepted 28 March 2023, online 28 March 2023

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the impact of a functional power threshold test (FTP) on cardiac autonomic regulation indicators in high performance cyclists. **Methods:** A total of 12 male elite cyclists (mean age  $36.1 \pm 11.2$  years) were recruited. Body composition parameters were measured using bioimpedanceometry and heart rate variability (HRV) before and after the application of the FTP assessment.

**Results:** We observed that a greater sympathetic nervous system (SNS) index and Stress index on baseline were correlated with a smaller decrease in the parasympathetic nervous system (PNS) activity in response to the FTP test ( $\rho = 0.69$ ,  $p = 0.013$ ). Concerning morphological parameters, the skeletal muscle index (SMI) was the only one that was inversely correlated with  $\Delta$ PNS ( $\rho = -0.69$ ,  $p = 0.02$ ) whereas the muscle-bone index (MBI) displayed a positive correlation with  $\Delta$ SNS ( $\rho = 0.82$ ,  $p = 0.001$ ). In fully adjusted models we found that waist-to-hip ratio ( $\beta = 7.90$ ,  $CI_{95\%} [4.16, 11.63]$ ,  $t(8) = 4.88$ ,  $p = 0.001$ ) and SMI significantly influenced  $\Delta$ PNS ( $\beta = -1.38$ ,  $CI_{95\%} [-1.84, -0.92]$ ,  $t(8) = -6.94$ ,  $p < 0.001$ ), whereas MBI ( $\beta = 10.26$ ,  $CI_{95\%} [8.10, 12.42]$ ,  $t(8) = 10.96$ ,  $p < 0.001$ ) and the interaction between the latter and Power achieved during FTP influenced  $\Delta$ SNS ( $\beta = -0.05$ ,  $CI_{95\%} [-0.09, -4.99e-03]$ ,  $t(8) = -2.56$ ,  $p = 0.033$ ).

**Conclusion:** Our findings indicate that the SMI had a negative effect on the  $\Delta$ PNS, while the MBI was positively correlated with the  $\Delta$ SNS in cyclists. These findings suggest that a higher SMI and MBI could have a detrimental impact on the cardiac autonomic response to maximal aerobic exercise in high-performance cyclists, such as FTP.

**Keywords:** Heart Rate; Physical performance; Athletes; Cardiovascular regulation.

\* Corresponding author.

E-mail-address: [cristian.nunez@umag.cl](mailto:cristian.nunez@umag.cl) (C. Núñez-Espinosa).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2023.03.002>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2023 Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Regulación autonómica cardíaca en respuesta a la prueba de umbral de potencia funcional en ciclistas de élite

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el impacto de una prueba de umbral de potencia funcional (FTP) sobre los indicadores de regulación autonómica cardíaca en ciclistas de alto rendimiento.

**Métodos:** Se reclutó a un total de 12 ciclistas de élite masculinos (edad media  $36.1 \pm 11.2$  años). Se midieron los parámetros de composición corporal mediante bioimpedanciometría y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) antes y después de la aplicación de la evaluación del FTP.

**Resultados:** Observamos que un mayor índice del sistema nervioso simpático (SNS) e índice de estrés basalmente se correlacionaron con una menor disminución de la actividad del sistema nervioso parasimpático (PNS) en respuesta a la prueba FTP ( $\rho = 0.69$ ,  $p = 0.013$ ). En cuanto a los parámetros morfológicos, el índice músculo esquelético (SMI) fue el único que se correlacionó inversamente con el  $\Delta$ PNS ( $\rho = -0.69$ ,  $p = 0.02$ ) mientras que el índice músculo-hueso (MBI) mostró una correlación positiva con  $\Delta$ SNS ( $\rho = 0.82$ ,  $p = 0.001$ ). En los modelos totalmente ajustados encontramos que la relación cintura-cadera ( $\beta = 7.90$ ,  $CI_{95\%}[4.16, 11.63]$ ,  $t(8) = 4.88$ ,  $p = 0.001$ ) y el SMI influían significativamente en el  $\Delta$ PNS ( $\beta = -1.38$ ,  $CI_{95\%}[-1.84, -0.92]$ ,  $t(8) = -6.94$ ,  $p < 0.001$ ), mientras que el MBI ( $\beta = 10.26$ ,  $CI_{95\%}[8.10, 12.42]$ ,  $t(8) = 10.96$ ,  $p < 0.001$ ) y la interacción entre este último y la Potencia alcanzada durante el FTP influían en el  $\Delta$ SNS ( $\beta = -0.05$ ,  $CI_{95\%}[-0.09, -4.99e-03]$ ,  $t(8) = -2.56$ ,  $p = 0.033$ ).

**Conclusión:** Nuestros hallazgos indican que el SMI tuvo un efecto negativo sobre el  $\Delta$ PNS, mientras que el MBI se correlacionó positivamente con el  $\Delta$ SNS en ciclistas. Estos hallazgos sugieren que un mayor SMI y MBI podrían tener un impacto perjudicial en la respuesta autonómica cardíaca al ejercicio aeróbico máximo en ciclistas de alto rendimiento, como el FTP.

**Palabras clave:** Frecuencia cardíaca; Rendimiento físico; Atletas; Regulación cardiovascular.

## Regulação autonômica cardíaca em resposta ao teste de potência do limiar funcional em ciclistas de elite

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar o impacto de um teste de potência de limiar funcional (FTP) nos indicadores de regulação autonômica cardíaca em ciclistas de alto rendimento.

**Métodos:** Um total de 12 ciclistas de elite do sexo masculino (idade média de  $36.1 \pm 11.2$  anos) foram recrutados. Parâmetros de composição corporal foram medidos por bioimpedância e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) antes e após a aplicação da avaliação FTP.

**Resultados:** Observamos que um índice basal mais alto do sistema nervoso simpático (SNS) e um índice de estresse correlacionaram-se com uma menor diminuição da atividade do sistema nervoso parassimpático (SNP) em resposta ao teste de FTP ( $\rho = 0.69$ ,  $p = 0.013$ ). Com relação aos parâmetros morfológicos, o índice musculoesquelético (SMI) foi o único que se correlacionou inversamente com o  $\Delta$ PNS ( $\rho = -0.69$ ,  $p = 0.02$ ) enquanto o índice músculo-ósseo (MBI) apresentou correlação positiva com o  $\Delta$  SNS ( $\rho = 0.82$ ,  $p = 0.001$ ). Em modelos totalmente ajustados, descobrimos que a relação cintura-quadril ( $\beta = 7.90$ ,  $IC95\%[4.16, 11.63]$ ,  $t(8) = 4.88$ ,  $p = 0.001$ ) e SMI influenciaram significativamente o  $\Delta$ PNS ( $\beta = -1.38$ ,  $IC95\%[-1.84, -0.92]$ ,  $t(8) = -6.94$ ,  $p < 0.001$ ), enquanto o MBI ( $\beta = 10.26$ ,  $IC95\%[8.10, 12.42]$ ,  $t(8) = 10.96$ ,  $p < 0.001$ ) e a interação entre os últimos e a Potência alcançada durante o FTP influenciou o  $\Delta$ SNS ( $\beta = -0.05$ ,  $IC95\%[-0.09, -4.99e-03]$ ,  $t(8) = -2.56$ ,  $p = 0.033$ ).

**Conclusão:** Nossos achados indicam que o SMI teve um efeito negativo no  $\Delta$ PNS, enquanto o MBI se correlacionou positivamente com o  $\Delta$ SNS em ciclistas. Esses achados sugerem que o SMI e o MBI mais altos podem ter um impacto negativo na resposta autonômica cardíaca ao exercício aeróbico máximo em ciclistas de alto desempenho, como o FTP.

## Introduction

The regulation of non-voluntary physiological processes, such as cardiovascular responses, is crucial for optimal athletic performance. The autonomic nervous system plays a pivotal role in this regulation, and heart rate variability (HRV) is considered a viable marker to measure cardiac autonomic modulation.<sup>1,2</sup>

During high-energy-demand sports like cycling, the autonomic system is essential for athletes' response to the competition.<sup>3-5</sup> The modulation of the autonomic nervous system is influenced by various factors, including the volume, intensity, duration, and type of exercise.<sup>6,7</sup> Furthermore, athletes' morphological variables, such as body composition, can influence baseline HRV parameters and, consequently, the athlete's performance.<sup>8-10</sup>

In high-performance cyclists, body composition is relevant and has been correlated with their physical performance during competitions.<sup>11,12</sup> A high muscle index and a low body fat percentage are generally desired by physical trainers and athletes. In this regard, research on amateur cyclists has shown a link between anthropometric measures and training adaptations, showing that training load is associated with a decrease in body weight, body mass index, and body fat percentage.<sup>13</sup> However, it is not clear if this holds true for high-performance athletes when accounting for other key physiological variables.

Although it is well established that physical exercise affects the autonomic response and its immediate recovery,<sup>3-5,14</sup> the impact of morphological variables on this modulation is not fully understood. Therefore, it is crucial to evaluate the immediate post-

exercise recovery, as it reflects the athlete's aerobic capacity and performance.<sup>3,15</sup>

In this context, the Functional Threshold Power (FTP) test has been proposed as a reliable method to assess cyclist power for one hour in a "near physiological steady state".<sup>16</sup> It is currently proposed that FTP can be predicted by taking 95% of the power output in a maximum of 20 min all-out effort test.<sup>17</sup> In this way, this test can predict the cyclist's response to this maximum effort in less time and also allows the evaluation of other physiological parameters of interest to the athlete.<sup>18</sup>

Despite the relevance of the FTP test, no evidence has been found on the relationship between body composition parameters, autonomic regulation, and its immediate response after an exercise protocol in high-performance cyclists. The present study aims to fill this gap by evaluating the impact of an FTP test on cardiac autonomic regulation indicators in high-performance cyclists. This study's findings may provide valuable insights into the complex interplay between body composition and autonomic regulation, ultimately informing training strategies to enhance athletic performance.

## Methods

### Study design

A descriptive, correlational, and cross-sectional study was conducted in two consecutive stages. In the first stage,

morphological variables of body composition were measured, and in the second stage, cardiovascular variables of HRV and the physical test of FTP were evaluated. The participants were selected through non-probabilistic sampling among professional cyclists from the Magallanes region. The athletes were informed about the assessments as well as the associated risks and benefits.

### Participants

Before undergoing the protocol for this study, all the cyclists signed an informed consent form. The inclusion criteria for the study were as follows: (a) male cyclists between 20 and 40 years of age until the year 2022; (b) permanent residence in the city of Punta Arenas; (c) a minimum of 1 year of participation in competitive cycling; (d) completion of the FTP test; (e) attendance at the two assessment sessions. The exclusion criteria were: (a) use of any supplement or medication that could affect HRV before the physical test; (b) musculoskeletal injuries in the last three months; (c) presence of pain during measurements; (d) cognitive or motor disability. During the registration stage, 35 athletes expressed interest in participating. After determining the participants' eligibility based on the inclusion and exclusion criteria, 12 cyclists were recruited. The study involving human participants was reviewed and approved by The Ethics Committee of the University of Magallanes, Chile (N°141CEC2018). All participants provided written informed consent to participate in the study.

### Procedure

The measurements were conducted in the Movement Analysis laboratory of the Center of Education, Healthcare, and Research (CADI-UMAG) during the early afternoon for all cyclists. In the first session, all morphological parameters, including body weight, height, and anthropometry, were evaluated. In the second session, cardiovascular parameters were assessed before, during, and after the physical performance test.

### Functional Threshold Power protocol

The participants wore sportswear appropriate for the test. All participants were asked to: (a) get enough rest the night before, sleeping 8 hours or more; (b) avoid stimulant drinks or drugs before the measurements; (c) drink at least 2 liters of water the day before; and (d) eat regularly without changing their diet. The cyclists arrived 15 minutes before the test. The FTP protocol was carried out in a laboratory designed for the experiment at 22 °C and 30% relative humidity regulated by air conditioning.

Before starting the second stage of assessment, each cyclist remained seated in absolute rest for 10 minutes while pretest HRV was assessed. Five minutes of the recording were considered for the analysis. Then, the cyclist got on the bike to begin the physical test. Throughout the test, the athlete's cardiac activity was monitored, allowing them to monitor their cardiovascular health. Moreover, the athletes could observe their heart rate on the screen in front of them. After completing the test, the athlete recovered for two minutes, and then 10 minutes of HRV assessment, while sitting in absolute rest, were recorded again.

### Morphological measures

The multi-frequency bioelectrical impedance analyzer, InBody S10 (Biospace Co, Ltd, Korea/Model JMW140), was used in accordance with the manufacturer's instructions. This device estimates body composition by measuring the differences in conductivity of various tissues, which are determined by their different biological characteristics.<sup>19</sup> The body composition parameters, including fat mass, fat-free mass, body cell mass, appendicular skeletal muscle mass (ASM; kg/m<sup>2</sup>), whole-body

phase angle, and body water status, were measured according to established scientific guidelines.<sup>20</sup>

### Functional Threshold Power Test

A Tacx FLUX S Smart Direct Roller (Garmin®) was used for the FTP assessment, as it can be adjusted to fit each athlete's personal bicycle. The roller program calculated the cadence of each athlete, expressed in revolutions per minute (rpm).

The FTP test provides data on functional threshold heart rate (FTHR) or FTP, which is essential for determining intensity levels or zones to follow a training plan. There are two versions of this test; one of long duration (1 hour), and the other of 45 minutes. However, the 1-hour version can be overly demanding, particularly for a group of users taking a high-demand test for the first time. Therefore, we proposed carrying out the shorter-duration test (45 min), which consists of the following phases: (i) Warm-up, consisting of 5 minutes of free pedaling, 20 seconds of resistance rhythm up to 130 W, 20 seconds of resistance rhythm at 165 W, 20 seconds of hard pedaling up to 195 W. After that, 3 minutes of easy pedaling up to 80W, 3 minutes of hard pedaling up to 180 W, 2 minutes of hard pedaling up to 195 W, and 6 minutes of easy pedaling up to 80 W. (ii) The main test involves the cyclist pedaling for 20 minutes with maximum effort. (iii) The cooldown phase is 5 minutes of easy pedaling.

### Cardiovascular parameters

Cardiac autonomic modulation was determined by recording RR intervals with a heart rate sensor strap (H10, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) using the Polar Team 2 system. The breathing rate of the subjects was spontaneous, and artifacts and ectopic heartbeats, which did not exceed 3% of the recorded data, were excluded.<sup>2</sup> The time-domain parameters analyzed were the square root of the mean squared differences of successive RR intervals (RMSSD, expressed in ms), which reflect parasympathetic influence,<sup>21</sup> and the standard deviation of the RR intervals (SDNN), which reflect total variability, i.e., the sympathetic and parasympathetic contribution of the autonomic nervous system to the heart.<sup>22,23</sup> The frequency domains considered in this study were the high-frequency (HF) power band, which reflects parasympathetic influence and respiratory sinus arrhythmia,<sup>24</sup> and the low-frequency (LF) band, associated with baroreflex activity.<sup>25</sup> The very low-frequency (VLF) band is multifaceted and strongly associated with emotional stress.<sup>26-28</sup>

Additionally, the Parasympathetic Nervous System (PNS) index, Sympathetic Nervous System (SNS) index, and Stress Index (SI) were considered. The PNS index reflects total vagal stimulation and is calculated from the mean RR intervals, RMSSD, and Poincaré plot index SD1 in normalized units (linked to RMSSD). It reflects how many standard deviations above or below the normal population averages the obtained values are. The SNS index reflects total sympathetic stimulation and is calculated from the mean RR intervals, Baevsky's SI (a positively related value to cardiovascular system stress and cardiac sympathetic activity), and Poincaré plot index SD2 in normalized units (related to SDNN). Its interpretation is similar to the PNS index.<sup>22,29</sup> The SI may be used as an indicator that represents the degree of load on the Autonomic Nervous System control.<sup>30</sup> It is normalized by using the square root of Baevsky's SI<sup>31</sup> and calculated from the mode Mo (taken as the median of R-R intervals), AMo (the amplitude of the normalized RR interval histogram), and MxDMn (the distance between the shortest and longest R-R intervals) by the following:

$$SI = \frac{AMO \times 100\%}{2 \times MO \times MxDMn}$$

All the data obtained were analyzed using the Kubios HRV software.<sup>32</sup>



Statistical analyses

Descriptive statistics were expressed as median and interquartile range (IQR) for continuous variables, and absolute and relative frequency (n [%]) for categorical outcomes.

To assess the relationship between autonomic indexes, we used Spearman's rank correlation since the data did not follow an approximate Gaussian distribution, which was assessed through graphical and analytical methods. To analyze the change in autonomic parameters in response to FTP measurements, we computed the mean difference with a 95% confidence interval (CI) bias-corrected and accelerated, calculated through the bootstrap resampling technique. Additionally, we reported the bias-corrected standardized mean difference (Hedges' *g*) with their corresponding 95% CI.

To assess the influence of potential confounders on the autonomic response to FTP, we fitted a robust version of linear regression by iterated reweighted least squares (IRLS). This approach assigns more weight to less extreme values and controls for the influence of outliers when describing the estimated parameters of the model. To this end, the predictors were centered around their mean to interpret the intercept as the estimated response while keeping the predictors constant and thus controlling for their influence.

All analyses were performed using the R programming language<sup>33</sup> within Rstudio.<sup>34</sup> We used complementary R packages for analysis and plotting.<sup>35-39</sup>

Results

Sample characteristics and body composition parameters can be observed in [Table 1](#).

**Table 1.** Body composition and sample characteristics. ECW, Extracellular water; ICW, Intracellular water; TCW, Total cellular water.

Domain	Parameter	Statistics (N = 12)	
		Median	IQR (p25, p75)
Anthropometric	Weight	72.9	(68.6, 75.8)
	Height	170.2	(167.8, 179.1)
	Body mass index	24.9	(22.4, 26.4)
	Waist-Hip ratio	0.8	(0.8, 0.9)
Musculoskeletal	Muscle bone index	2.7	(2.6, 2.8)
	Skeletal muscle index	8.2	(7.9, 8.8)
	Skeletal muscle mass	32.0	(31.0, 35.8)
	Muscle mass	42.3	(41.2, 45.2)
	Bone mass	15.3	(14.9, 16.5)
	Residual mass	28.6	(27.6, 29.4)
Body composition	Visceral fat	61.3	(35.5, 74.6)
	Fat mass	12.3	(11.2, 14.8)
Water composition	ECW/TCW	0.4	(0.4, 0.4)
	ICW	26.4	(25.3, 29.4)
	TCW	42.2	(40.4, 46.8)
	ECW	16.1	(14.7, 17.4)

Autonomic activity and stress

When assessing the relationship between the associated variables within the athletes, we observed that a greater SNS activity and SI on baseline were associated with a smaller decrease in the PNS activity in response to the FTP test (baseline SI,  $\rho = 0.67, p = 0.017$ ; baseline SNS,  $\rho = 0.69, p = 0.013$ ).

In this sense, a greater baseline PNS activity was associated with larger decreases on the PNS index in response to the FTP test ( $\rho = -0.61, p = 0.037$ ), and this decrease in  $\Delta$  PNS was associated with greater increases in the SNS activity and the SI in response to the FTP test ( $\Delta$ SNS,  $\rho = -0.6, p = 0.039$ ;  $\Delta$ SI,  $\rho = -0.62, p = 0.033$ ).

This is directly linked with PNS activity at post-SFT, whereas greater levels were associated with lower increases in SI and SNS activity levels in response to SFT test ( $\Delta$ SI,  $\rho = -0.69, p = 0.014$ ;  $\Delta$ SNS,  $\rho = -0.77, p = 0.003$ ).

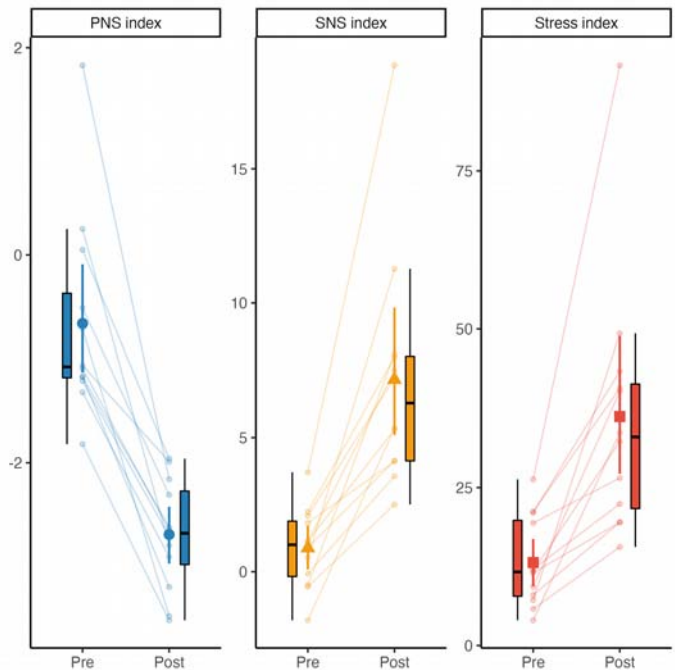
Unadjusted autonomic response

The mean observed difference in the PNS index was -2.03 points (CI<sub>95%</sub>[-2.53, -1.62]), suggesting a decrease in PNS activity post-SFT test ( $t(11) = -8.34, p < 0.001$ , Hedges' *g* = 2.24, CI<sub>95%</sub>[1.17, 3.29]), while the SNS index experienced an increase of 6.28 points (CI<sub>95%</sub>[4.47, 8.48],  $t(11) = 5.83, p < 0.001$ , Hedges' *g* = -1.56, CI<sub>95%</sub>[-2.38, -0.72]) relative to their baseline values. The SI and SNS index tend to exhibit similar behavior between measurements of the FTP (association between  $\Delta$ SNS and  $\Delta$ SI,  $\rho = 0.98, p < 0.001$ ), so the SI also experienced an increase from baseline relative to the FTP measurements (mean difference = 23.1, CI<sub>95%</sub>[14.80, 33.27],  $t(11) = 4.67, p < 0.001$ , Hedges' *g* = -1.25, CI<sub>95%</sub>[-1.96, -0.50]). The autonomic variations within subjects can be seen in [Figure 1](#).

Adjusted PNS response

Rank based correlation analyses suggest that from all body composition parameters, SMI was the only one that was inversely associated with  $\Delta$ PNS, suggesting that lower levels of SMI were related to a lower decrease in PNS activity in response to FTP test ( $\rho = -0.69, p = 0.02$ ).

After fitting a simple linear model based on IRLS, we found that the  $\Delta$ PNS changed from -2.03 points (CI<sub>95%</sub>[-2.53, -1.62]) in the first unadjusted comparison to -1.89 points (CI<sub>95%</sub>[-2.33, -1.45],  $t(9) = -9.73, p < 0.001$ ) when controlling for SMI ( $\beta = -0.71, CI_{95\%}[-1.53, 0.10], t(9) = -1.99, p = 0.078$ ).



**Figure 1.** Inter-individual variations of the autonomic regulation indexes. Boxplots and errorbars with 95% CI based on bootstrap resampling around the mean and the within subjects response to the FTP test (represented by connected lines) are shown.

However, and after testing the influence of other predictors in the model while still considering SMI as a predictor, we observed that the inclusion of the waist-to-hip ratio ( $WH_{ratio}$ ) yielded a significant effect on  $\Delta$ PNS ( $\beta = 7.90, CI_{95\%}[4.16, 11.63], t(8) = 4.88, p = 0.001$ ), as well as for the effect of SMI on the latter ( $\beta = -1.38, CI_{95\%}[-1.84, -0.92], t(8) = -6.94, p < 0.001$ ). Thus, after adjusting for the effect of SMI and  $WH_{ratio}$ , the estimated response of  $\Delta$ PNS to the FTP test was -1.93 points (CI<sub>95%</sub>[-2.16, -1.70],  $t(8) = -19.15, p < 0.001$ ). The final model explaining the PNS response to the FTP test is best described by the following equation:

$$\Delta PNS = 2.835 - 1.379 \times SMI + 7.898 \times WH_{ratio}$$

**Equation 1.** Final model using SMI and  $WH_{ratio}$  to explain the  $\Delta$  of PNS in response to the FTP test. The predictors in this equation are not centered, so they can be used for prediction.

*Adjusted SNS response*

Spearman’s rank based correlation suggests a positive association between the muscle-bone index (MBI) and the  $\Delta$ SNS, suggesting that greater values of MBI could be associated with greater increases in SNS activity in response to the SFT test ( $\rho = 0.82, p = 0.001$ ).

When fitting a robust linear regression with IRLS, we observed that the response of SNS activity was maintained after adjusting for MBI (Intercept = 6.20,  $CI_{95\%}[5.00, 7.40]$ ,  $t(10) = 11.53, p < 0.001$ ), considering that for every 1 unit increase in MBI, we could expect an increase in 11.72 points in the SNS activity in response to the SFT test ( $\beta = 11.72, CI_{95\%}[7.39, 16.04]$ ,  $t(10) = 6.04, p < 0.001$ ).

Despite of previous findings in simple models, and after trying different combinations of predictors while keeping MBI in the final model, we could identify an interaction effect between the mean power achieved during the FTP test ( $Power^{FTP}$ ) and MBI ( $\beta = -0.05, CI_{95\%}[-0.09, -4.99e-03]$ ,  $t(8) = -2.56, p = 0.033$ ), considering that  $Power^{FTP}$  itself was not statistically influential on the outcome response ( $\beta = -3.23e-03, CI_{95\%}[-0.02, 0.01]$ ,  $t(8) = -0.41, p = 0.692$ ) while MBI was still significant, even after including  $Power^{FTP}$  in the equation ( $\beta = 10.26, CI_{95\%}[8.10, 12.42]$ ,  $t(8) = 10.96, p < 0.001$ ). In this sense, and after controlling for the effect of MBI and  $Power^{FTP}$ , we observed that the estimated response of  $\Delta$ SNS was 6.06 points ( $CI_{95\%}[5.52, 6.59]$ ,  $t(8) = 26.01, p < 0.001$ ). The linear relationship between variables can be seen in [Figure 2](#). The final model that best explains the variations in  $\Delta$ SNS response was the following:

$$\Delta SNS = -52.007 + 21.180 \times MBI - 0.134 \times Power^{FTP} - 0.050 \times (MBI \times Power^{FTP})$$

**Equation 2.** Final model using MBI,  $Power^{FTP}$  and their interaction to explain the  $\Delta$  of SNS in response to the FTP test. The predictors in this equation are not centered, so they can be used for prediction.

**Discussion**

In this study, we have identified important associations between autonomic cardiac modulation parameters and body mass composition parameters in response to aerobic maximal exercise, as indicated by Spearman’s Rank correlation and IRLS.

Our findings suggest that cardiac autonomic response to the FTP test, an aerobic maximal exercise, could be influenced by muscle indices (SMI and MBI), with higher SMI and MBI negatively affecting cardiac autonomic response, moving SNS and PNS out of balance. Cyclists with lower SMI and MBI maintain a greater cardiac autonomic balance between parasympathetic and sympathetic activity when their response to this type of exercise is observed.

Current evidence seems to support the hypothesis that morphological variables may play a role influencing key performance outcomes that are relevant to high-performance cyclists.<sup>11,12</sup> However, the autonomic effects of this type of variable on cardiac regulation is still not clear. Some important precedents indicate that cycling was the sport with the most sudden deaths during its practice in Spain between 1995 and 2001, which suggests that cycling is very demanding for human systems and there is a need to develop monitoring strategies to assess the neurophysiological regulation of the heart in athletes.<sup>40</sup>

Although the morphological composition of the cyclist partly determines their performance in a competition, we have observed in this study that it may also imply different characteristics of cardiovascular recovery among athletes.<sup>41</sup> Possibly the SMI would reflect a greater autonomic wear and tear compared to a test as demanding as the FTP. This wear could hinder autonomic recovery, especially of the PNS, which we know exerts strong regulation of the autonomic nervous system.<sup>4,42</sup> Due to these characteristics, the autonomic recovery of athletes with a higher muscle index could be influenced by their morphology, which should be considered for a better recovery of cyclists, both in training and after a competition.

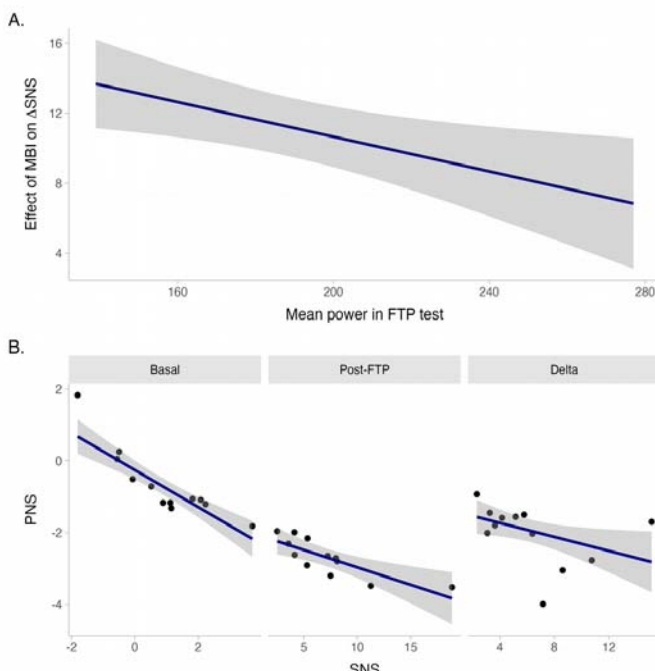
HRV, reflecting cardiac autonomic regulation, is known for being a tool for identifying patients at risk of cardiovascular death and a great predictor of prognosis in several neurological disorders. A worse cardiac autonomic response to exercise, found in cyclists with higher muscle indices, could lead to cardiovascular disorders or decrease the effort threshold in longer competitive activities, although these hypotheses have not been explored. Considering this, professionals surrounding high-performance cyclists should consider strategies for minimizing exercise-induced autonomic dysregulation.

Possibly the SMI would reflect a greater autonomic wear and tear compared to a test as demanding as the FTP.

One of the strengths of this study is that it sheds light on the relationship between body composition and cardiac autonomic regulation, which has not been previously investigated in this population. Additionally, we used robust statistical methods such as Spearman’s Rank correlation and IRLS to analyze the data, which allowed for a more precise and accurate assessment of the associations between variables.

Despite its strengths, our study has several limitations. First, our sample size was relatively small, which may limit the generalizability of our findings. Second, we only examined the immediate response to the FTP test and did not investigate the long-term effects of body mass composition on cardiac autonomic regulation. Further studies with larger sample sizes and longer follow-up periods are needed to better understand the effects of body mass composition on cardiac autonomic regulation.

In addition, our study only focused on one type of exercise (aerobic maximal exercise), and the effects of body mass composition on cardiac autonomic regulation may differ in other types of exercises or activities. Furthermore, we did not take into account other potentially confounding factors such as age, sex, and



**Figure 2.** Linear response between autonomic parameters at baseline, post-SFT and the variations between these time periods. A, Interaction effect between  $Power^{FTP}$  and MBI; B, Linear relationship between HRV measurements.

medical history. Future studies should consider these factors in their analysis.

In conclusion, our study provides important insights into the effects of body mass composition on cardiac autonomic regulation in high-performance cyclists. We found that muscle indices (SMI and MBI) are associated with changes in cardiac autonomic response to exercise, with higher SMI and MBI leading to an imbalance between parasympathetic and sympathetic activity. Our findings suggest that professionals surrounding high-performance cyclists should consider strategies for minimizing exercise-induced autonomic dysregulation in individuals with higher muscle indices. However, considering our study limitations, further research is needed to confirm and expand upon our findings.

## Conclusion

The results of this study highlight the crucial role of muscle indices (SMI and MBI) in modulating the cardiac autonomic response to FTP among elite cyclists. The negative effect of SMI on  $\Delta$ PNS and the positive correlation of MBI with  $\Delta$ SNS demonstrate the potential impact of muscle composition on the body's physiological response to intense aerobic exercise. These findings underscore the importance of optimizing muscle indices in high-performance cyclists to improve cardiac autonomic regulation and maximize athletic performance.

**Authorship.** All the authors have intellectually contributed to the development of the study, assume responsibility for its content and also agree with the definitive version of the article. **Conflicts of interest.** The authors have no conflicts of interest to declare. **Funding.** This work was funded by resources from the National Fund for the Promotion of Sports of Chile, code 2200120010 (Instituto Nacional de Deporte de Chile, IND). **Acknowledgements.** We thank all study participants, and their coaches for their contribution. **Provenance and peer review.** Not commissioned; externally peer reviewed. **Ethical Responsibilities.** *Protection of individuals and animals:* The authors declare that the conducted procedures met the ethical standards of the responsible committee on human experimentation of the World Medical Association and the Declaration of Helsinki. *Confidentiality:* The authors are responsible for following the protocols established by their respective healthcare centers for accessing data from medical records for performing this type of publication in order to conduct research/dissemination for the community. *Privacy:* The authors declare no patient data appear in this article.

## References

- Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Health.* 2017; 258.
- Stein PK, Bosner MS, Kleiger RE, Conger BM. Heart rate variability: A measure of cardiac autonomic tone. *Am Heart J.* 1994;127(5): 1376–1381.
- Stanley J, Peake JM, Buchheit M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. *Sports Med.* 2013;43(12): 1259–1277.
- Fontollet T, Pichot V, Bringard A, Fagoni N, Adami A, Tam E, et al. Testing the vagal withdrawal hypothesis during light exercise under autonomic blockade: A heart rate variability study. *J Appl Physiol.* 2018;125(6): 1804–1811.
- Freeman JV, Dewey FE, Hadley DM, Myers J, Froelicher VF. Autonomic nervous system interaction with the cardiovascular system during exercise. *Prog Cardiovasc Dis.* 2006;48(5): 342–362.
- Griesbach GS, Hovda D, Molteni R, Wu A, Gomez-Pinilla F. Voluntary exercise following traumatic brain injury: Brain-derived neurotrophic factor upregulation and recovery of function. *Neurosci.* 2004;125(1): 129–139.
- Martínez-Díaz IC, Carrasco L. Neurophysiological stress response and mood changes induced by high-intensity interval training: A pilot study. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(14): 7320.
- Michael S, Graham KS, Davis GM. Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals—a review. *Front Physiol.* 2017;8: 301.
- Mancia G, Grassi G. The autonomic nervous system and hypertension. *Circ Res.* 2014;114(11): 1804–1814.
- Lucini D, Spataro A, Giovanelli L, Malacarne M, Spada R, Parati G, et al. Relationship between body composition and cardiac autonomic regulation in a large population of Italian Olympic athletes. *J Pers Med.* 2022;12(9): 1508.
- Mujika I, Rønnestad BR, Martin DT. Effects of increased muscle strength and muscle mass on endurance-cycling performance. *IJSP.* 2016;2015(0405): 3.
- Cesanelli L, Ammar A, Arede J, Calleja-González J, Leite N. Performance indicators and functional adaptive windows in competitive cyclists: Effect of one-year strength and conditioning training programme. *Biol Sport.* 2022;39(2): 329–340.
- Alvero-Cruz JR, García Romero JC, Ordóñez FJ, Mongín D, Correas-Gómez L, Nikolaidis PT, et al. Age and training-related changes on body composition and fitness in male amateur cyclists. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;19(1): 93.
- Holmes CJ, MacDonald HV, Esco MR, Fedewa MV, Wind SA, Winchester LJ. Comparison of heart rate variability responses to varying resistance exercise volume-loads. *Res Q Exerc Sport.* 2022;93(2): 391–400.
- Michael S, Jay O, Halaki M, Graham K, Davis GM. Submaximal exercise intensity modulates acute post-exercise heart rate variability. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(4): 697–706.
- Allen H, Coggan A. Training and racing with a power meter. Boulder, CO: VeloPress. 2012; 39–52.
- Borszcz FK, Tramontin AF, Bossi AH, Carminatti LJ, Costa VP. Functional threshold power in cyclists: Validity of the concept and physiological responses. *Int J Sports Med.* 2018;39(10): 737–742.
- Mackey J, Horner K. What is known about the FTP20 test related to cycling? A scoping review. *J Sports Sci.* 2021;39(23): 2735–2745.
- Buckinx F, Reginster JY, Dardenne N, Croisier JL, Kaux JF, Beaudart C, et al. Concordance between muscle mass assessed by bioelectrical impedance analysis and by dual energy x-ray absorptiometry: A cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16(1): 1–7.
- Park I, Lee JH, Jang DH, Kim J, Hwang BR, Kim S, et al. Assessment of body water distribution in patients with sepsis during fluid resuscitation using multi-frequency direct segmental bioelectrical impedance analysis. *Clin Nutr.* 2020;39(6): 1826–1831.
- Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen P, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(6): 1153–1167.
- Berntson GG, Thomas Bigger Jr J, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M, et al. Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology.* 1997;34(6): 623–648.
- Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: Respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006;291(1): H451–H458.

24. [Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. Science. 1981;213\(4504\): 220-222.](#)
25. [Goldstein DS, Benth O, Park MY, Sharabi Y. Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. Exp Physiol. 2011;96\(12\): 1255-1261.](#)
26. [Malik M. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use: Task force of the european society of cardiology and the north american society for pacing and electrophysiology. Ann Noninvasive Electrocardiol. 1996;1\(2\): 151-181.](#)
27. [Fisher A, Groves D, Eleuteri A, Mesum P, Patterson D, Taggart P. Heart rate variability at limiting stationarity: Evidence of neuro-cardiac control mechanisms operating at ultra-low frequencies. Physiol Meas. 2014;35\(2\): 309.](#)
28. [McCraty R, Shaffer F. Heart rate variability: New perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. Glob Adv Health Med. 2015;4\(1\): 46-61.](#)
29. [Rajendra Acharya U, Paul Joseph K, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: A review. Med Biol Eng Comput 2006;44\(12\): 1031-1051.](#)
30. [Yoo HH, Yune SJ, Im SJ, Kam BS, Lee SY. Heart rate variability-measured stress and academic achievement in medical students. Med Princ Pract. 2021;30\(2\): 193-200.](#)
31. [Baevsky R, Berseneva A. Methodical recommendations use kardivar system for determination of the stress level and estimation of the body adaptability standards of measurements and physiological interpretation. Moscow; 2008.](#)
32. [Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV-heart rate variability analysis software. Comput Methods Programs Biomed. 2014;113\(1\): 210-220.](#)
33. [R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2021.](#)
34. [RStudio Team. RStudio: Integrated development environment for r. Boston, MA: RStudio, PBC; 2022.](#)
35. [Venables WN, Ripley BD. Modern applied statistics with s. Fourth. New York: Springer; 2002.](#)
36. [Ben-Shachar MS, Lüdtke D, Makowski D. effectsize: Estimation of effect size indices and standardized parameters. J Open Source Softw. 2020;5\(56\): 2815.](#)
37. [Makowski D, Ben-Shachar MS, Patil I, Lüdtke D. Estimation of model-based predictions, contrasts and means. CRAN. 2020; <https://github.com/easystats/modelbased>](#)
38. [Makowski D, Ben-Shachar MS, Patil I, Lüdtke D. Methods and algorithms for correlation analysis in r. J Open Source Softw. 2020;5\(51\): 2306.](#)
39. [Wickham H. ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag New York; 2016.](#)
40. [Suárez-Mier MP, Aguilera B. Causes of sudden death during sports activities in Spain. Rev Esp Cardiol. 2002;55\(4\): 347-358.](#)
41. [Al-Khelaifi F, Donati F, Botrè F, Latiff A, Abraham D, Hingorani A, et al. Metabolic profiling of elite athletes with different cardiovascular demand. Scand J Med Sci Sports. 2019;29\(7\): 933-943.](#)
42. [Porges SW. Cardiac vagal tone: A physiological index of stress. Neurosci Biobehav Rev. 1995;19\(2\): 225-233.](#)



# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://www.juntadeandalucia.es/deporte/ramd/>



Original



## Nível de conhecimento do profissional de educação física sobre prescrição de exercício de aeróbio e doenças crônicas

F. Ceschini<sup>a\*</sup>, G. Allegretti João<sup>a,b</sup>, C. G. S. P. Montenegro João<sup>c</sup>, A. S. Leopoldo<sup>d</sup>, A. P. Lima-Leopoldo<sup>d</sup>, V. Machado Reis<sup>e</sup>, A. Figueira Júnior<sup>a</sup>, D. Sales Bocalini<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-graduação em Educação Física. Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>b</sup> Faculdades Metropolitanas Unidas. São Paulo, SP, Brasil.

<sup>c</sup> Hospital Israelita Albert Einstein. São Paulo, SP, Brasil.

<sup>d</sup> Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Experimental do Centro de Educação Física e Desporto da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

<sup>e</sup> Centro de Investigação em Desporto, Saúde & Desenvolvimento Humano. Universidade de Trás dos Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO: Recebido 29 agosto 2021, aceite a 10 abril 2023, online a 10 maio 2023

### RESUMO

**Objetivo:** A prática regular de exercício aeróbio é fundamental para a saúde de adultos saudáveis, idosos e no controle de doenças crônicas e agravos não transmissíveis. Entretanto, deve ser prescrito segundo as diretrizes mundiais específicas para cada população. o objetivo era investigar o conhecimento dos profissionais de Educação Física atuantes em academias de ginástica em relação aos critérios que compõe a prescrição de exercício aeróbio para pessoas com diagnóstico de doenças crônicas e agravos não transmissíveis.

**Métodos:** 610 profissionais de Educação Física atuantes em academias de São Paulo foram avaliados. O nível de conhecimento sobre as recomendações da prescrição do exercício aeróbio foi avaliado por meio de questionário construído para esse estudo. A análise dos dados foi realizada por meio do teste Qui-Quadrado com significância de 5%.

**Resultados:** O maior percentual de acerto ocorreu para prescrição do exercício aeróbio para Obesidade (49.2%) seguido por Diabetes tipo 2 (41.5%). Por outro lado, o conhecimento sobre o Câncer (6.9%) apresentou o menor percentual de acerto. Outro resultado que merece destaque foi que, exceto para Síndrome Metabólica (21%), o maior percentual de acerto foi observado para os critérios frequência semanal e duração do exercício aeróbio.

**Conclusão:** O conhecimento dos profissionais de Educação Física em relação à recomendação para prescrição do exercício aeróbio foi significativamente maior para obesos comparado a câncer, Diabetes tipo 2 e síndrome metabólica.

**Palavras-chave:** Exercício Aeróbio; Doenças Crônicas e Agravos não Transmissíveis; Conhecimento; Diretrizes.

## Nivel de conocimiento de los profesionales de la educación física sobre la prescripción del ejercicio aeróbico y las enfermedades crónicas

### RESUMEN

**Objetivo:** La práctica regular de ejercicio aeróbico es fundamental para la salud de adultos sanos, ancianos y para el control de enfermedades crónicas y enfermedades no transmisibles. Sin embargo, debe prescribirse de acuerdo con pautas globales específicas para cada población. El objetivo fue investigar el conocimiento de los profesionales de Educación Física que actúan en los gimnasios en relación a los criterios que componen la prescripción del ejercicio aeróbico para personas diagnosticadas con enfermedades crónicas y enfermedades no transmisibles.

**Métodos:** Fueron evaluados 610 profesionales de Educación Física que actúan en gimnasios de São Paulo. El nivel de conocimiento sobre las recomendaciones de prescripción de ejercicio aeróbico se evaluó mediante un cuestionario construido para este estudio. El análisis de datos se realizó mediante la prueba Chi-Cuadrado con una significación del 5%.

**Resultados:** El mayor porcentaje de aciertos se presentó para la prescripción de ejercicio aeróbico para la Obesidad (49.2%) seguido de Diabetes Tipo 2 (41.5%). Por otro lado, el conocimiento sobre Cáncer (6.9%) tuvo el menor porcentaje de aciertos. Otro resultado digno de mención fue que, con excepción del Síndrome Metabólico (21%), el mayor porcentaje de respuestas correctas se observó para los criterios frecuencia semanal y duración del ejercicio aeróbico.

**Conclusión:** El conocimiento de los profesionales de Educación Física sobre la recomendación de prescripción de ejercicio aeróbico fue significativamente mayor para obesos en comparación con cáncer, Diabetes tipo 2 y síndrome metabólico.

**Palabras clave:** Ejercicio Aeróbico; Enfermedades Crónicas y Enfermedades No Transmisibles; Conocimiento; Pautas.

\* Autor para correspondência.

Correios eletrônicos: [flceschini@yahoo.com.br](mailto:flceschini@yahoo.com.br) (F. Ceschini).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2023.04.001>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2023 Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Level of knowledge of physical education professionals about aerobic exercise prescription and chronic diseases

### ABSTRACT

**Objective:** Regular practice of aerobic exercise is critical to control of chronic non-communicable diseases and injuries. However, the world-specific guidelines for each population must be prescribed second. The aim was to investigate the knowledge of physical education professionals working in gymnasiums in relation to the criteria that make up the prescription of aerobic exercise for people diagnosed with chronic non-communicable diseases and injuries.

**Methods:** 610 Physical Education professionals working in academies in São Paulo were evaluated. The knowledge of the recommendation of the aerobic exercise prescription was evaluated through a questionnaire built for this study. The chi square test was used to analyze data with significance of  $p < 0.05$ .

**Results:** The highest values for correct answers was found to prescription of aerobic exercise for obesity (49.2%) followed by type 2 diabetes (41.5%). On the other hand, knowledge about Cancer (6.9%) had the lowest percentage of correct answers. Another result worth mentioning was that, except for Metabolic Syndrome (21%), the highest percentage of correct answers was observed for the weekly frequency and duration criteria.

**Conclusion:** The knowledge of Physical Education professionals regarding the recommendation to prescribe aerobic exercise was significantly higher for obese compared to cancer, type 2 diabetes and metabolic syndrome.

**Keywords:** Aerobic Exercise; Chronic non-communicable diseases and injuries; Knowledge; Guidelines.

### Introdução

Nas últimas décadas, diversas alterações ambientais, sociais e econômicas foram observadas no Brasil. Como consequência, houve diminuição do gasto calórico em atividades físicas espontâneas, principalmente de lazer e de locomoção, levando ao aumento do comportamento sedentário e da prevalência de inatividade física. Paralelamente, outros fenômenos epidemiológicos também estão ocorrendo, com destaque para o aumento da prevalência de pessoas com excesso de peso, o aumento de pessoas com diagnóstico de Diabetes Tipo 2, Hipertensão Arterial, Síndrome Metabólica, Câncer e aumento mortalidade por doenças crônicas e agravos não transmissíveis (DCANTs)<sup>1,2</sup>.

Obviamente, que também foi observado nas últimas décadas aumento exponencial nos gastos em saúde para tratamento e controle das DCANTs<sup>3,4</sup>. Os métodos de tratamento são os farmacológicos e os não farmacológicos, sendo este último por meio de alterações no estilo de vida. Dentre as principais alterações necessárias no estilo de vida, o aumento do gasto calórico por meio prática de exercício regular com característica metabólica aeróbia tem sido apontada como estratégia eficiente tanto na prevenção quanto no controle das DCANTs mais comuns na população<sup>5,6</sup>.

No entanto, para que o exercício aeróbio possa promover os efeitos fisiológicos adaptativos agudos e crônicos necessários na função cardiorrespiratória, metabólica e hormonal que permitam controlar as principais DCANTs, é necessário que variáveis de prescrição como frequência semanal, duração da sessão e intensidade sejam conhecidas e prescritas segundo as recomendações específicas elaboradas por entidades científicas, como o Colégio Americano de Medicina do Esporte<sup>6-8</sup>, American Heart Association<sup>11</sup> e Organização Mundial da Saúde<sup>4,5,9,10</sup>. Essas recomendações são comumente conhecidas como *Guidelines*, *Position Stand* ou *Diretrizes*. Nessas recomendações são apresentadas as indicações para prática de exercício, por meios da definição dos critérios sugeridos em cada situação visando aplicação específica por tipo de doença diagnosticada, evitando assim doses abaixo ou acima do necessário para o controle da doença.

Nesse sentido, cabe ressaltar que tanto a prescrição quanto a supervisão de programas de exercício realizados em academias de ginástica, estúdios, clubes ou centros de práticas e programas personalizados) são de responsabilidade dos profissionais de Educação Física, no qual devem ser devidamente preparados durante a formação profissional (graduação e pós graduação) para

prescrever e monitorar programas de exercício aeróbios, pautando sua atuação de forma crítica e coerente segundo as evidências científicas disponíveis nos *Guidelines*<sup>12</sup>.

No entanto, há evidências de que o conhecimento de profissionais formados em Educação Física atuantes em academias de ginástica em relação as variáveis de prescrição do exercício aeróbio (frequência semanal, duração e intensidade da sessão) descritas nos *Guidelines* para o controle das principais DCANTs é insatisfatório<sup>13-18</sup>. Essas evidências são preocupantes, pois os dados epidemiológicos demonstram crescimento acelerado na quantidade de pessoas com diagnóstico de Diabetes, Hipertensão Arterial, Câncer e Síndrome Metabólica no Brasil, portanto, sendo necessário maior investigação.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o conhecimento dos profissionais de Educação Física atuantes em academias de ginástica em relação aos critérios que compõe a prescrição de exercício aeróbio para adultos saudáveis e pessoas com DCANTs.

### Métodos

#### Amostra

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade São Judas Tadeu (nº 100\2011), 610 profissionais de Educação Física, de ambos os sexos com média de idade de  $33.7 \pm 10.2$  anos atuantes em academias de ginástica na cidade de São Paulo – Brasil participaram voluntariamente deste estudo. O estudo respeitou os princípios éticos contidos na Declaração de Helsinki e na Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde.

O tamanho amostral foi estimado a partir dos seguintes parâmetros: a) prevalência de acerto de todos os critérios da recomendação de exercício aeróbio de 60%; 2) erro amostral de 3 pontos; e 3) intervalo de confiança e 95%. Assim, a amostra mínima necessária foi de pelo menos 422 profissionais de Educação Física, esperando-se taxa de não resposta de 20%, seriam necessários, pelo menos 507 profissionais conforme previas publicações<sup>14,18</sup>.

#### Delineamento do estudo

Após levantamento do número total de academias na cidade de São Paulo (1741), 74 academias foram aleatoriamente incluídas para atingir o número mínimo necessário da amostra. Os critérios de inclusão no estudo foram A) ser graduado em educação física;

B) estar regularmente registrado no conselho regional da profissão; C) ter entregue o termo de consentimento livre e esclarecido preenchido e assinado para devida participação do estudo.

Foram incluídas no estudo academias de pequeno (menos que 500 alunos matriculados e sem piscina); médio entre 500 e 999 alunos – com piscina) e grande porte ( $\geq 1000$  alunos – com piscina) de todas as regiões geográficas da cidade de São Paulo (Centro, Sul, Norte, Leste e Oeste).

Após a seleção das academias, foram sorteados aleatoriamente com estratificação e reposição, profissionais formados em Educação Física segundo os seguintes critérios de inclusão: ter registro no Conselho Regional de Educação Física [CREF-SP]; ter formação de Bacharel em Educação Física; atuar em academias de ginástica. A média de profissionais por academia foi  $13 \pm 4$ , sendo  $4 \pm 1$  profissionais em academias pequenas,  $9 \pm 3$  em academias médias e  $16 \pm 4$  em academias de grande porte.

#### Instrumento e coleta de dados

Para a realização do estudo, foi aplicado um questionário por meio do método de autopreenchimento, sem sofrer interferência da equipe de pesquisa e já utilizado em outros estudos do nosso grupo<sup>14,18</sup> contendo as seguintes informações: sexo, idade, tempo de formado no curso de graduação, conclusão do curso de pós-graduação *lato sensu*, tempo de formado no curso de pós-graduação, quantidade de empregos, tamanho da academia que trabalha e horas semanais destinadas a leitura profissional.

As respostas apresentavam opções fechadas, com 5 alternativas, sendo que apenas uma alternativa seria a correta. Para a verificação da confiabilidade do instrumento do questionário para a amostra do presente estudo, foi realizado um estudo piloto com 50 profissionais, aleatoriamente selecionados, objetivando a avaliação da compreensão das questões, da relação entre pergunta e resposta e a reprodutibilidade do instrumento em modelo teste e reteste um coeficiente de correlação de  $r = 0.71$  e  $p = 0.041$  para os dados gerais,  $r = 0.69$  e  $p = 0.043$  para homens e  $r = 0.73$  e  $p = 0.040$  para mulheres. Adicionalmente, foi avaliada a reprodutibilidade do questionário em 50 voluntários, onde o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) apresentou valor de reprodutibilidade aceitável tanto para mulheres (ICC= 0.78) como para homens (ICC= 0.72).

Para o conhecimento dos critérios que compõe a recomendação da prescrição do exercício aeróbio (frequência semanal, duração da sessão e intensidade), foi considerado os seguintes grupos populacionais: diabetes tipo 2<sup>8</sup>, câncer<sup>19</sup>, Obesidade<sup>6</sup> e Síndrome metabólica<sup>6</sup>. A análise das respostas seguiu as recomendações descritas nos critérios de prescrição para cada população, apresentando cada critério de forma isolada e considerando a pontuação total do participante a partir da somatória de todos os acertos (aqueles que acertaram todos os critérios da prescrição sendo frequência semanal, duração e intensidade para cada grupo avaliado conforme apresentado na [Tabela 1](#)).

**Tabela 1.** Parâmetros de referência para prescrição de exercícios aeróbios indicados pelos guidelines utilizados no estudo.

	Frequência semanal	Duração	Intensidade
Diabetes tipo 2 <sup>8</sup>	Diária	30 min sessão	Moderada – 55%-65% $\dot{V}O_2$ reserva ou FC reserva
Câncer <sup>3</sup>	3-5 vezes	30-60 min sessão	Moderada 40-60% $\dot{V}O_2$ reserva ou FC reserva
Obesidade <sup>6</sup>	Diária	60 min sessão	Moderada-vigorosa 60%-70% da FCmax - moderada 75%-85% da FCmax - vigorosa
Síndrome Metabólica <sup>4</sup>	Diária	60 min sessão	Moderada-vigorosa 60%-70% da FCmax - moderada 75%-85% da FCmax - vigorosa

#### Análise estatística

Para comparar o percentual do conhecimento dos critérios da recomendação do exercício aeróbio e as variáveis independentes foi utilizado o teste Qui Quadrado. O coeficiente alfa de Cronbach foi utilizado para testar a consistência interna do instrumento. A significância adotada foi de 5% e o programa estatístico para a análise de todos os dados foi o Statistical Package for the Social Sciences SPSS, versão 21,0, instalado em ambiente Windows.

#### Resultados

Na [Tabela 2](#) são apresentados a distribuição amostral de acordo com as categorias das variáveis independentes. Interessante, que apenas 25.6% dos profissionais de Educação Física relataram ler mais de 3 horas por semana. Aproximadamente 94% dos profissionais avaliados relataram não conseguir ler artigos científicos na língua inglesa

**Tabela 2.** Distribuição amostral segundo as categorias das variáveis independentes.

Variáveis Independentes	N	%
Sexo		
Homens	271	44,4
Mulheres	339	55,6
Faixa Etária		
22-29 anos	187	30,7
30-39 anos	126	20,7
40-49 anos	174	28,5
$\geq 50$ anos	123	20,2
Tempo de Término da Graduação		
Até 1 ano	86	14,1
Entre 1 e 3 anos	197	32,3
Entre 4 e 6 anos	222	36,4
$\geq 7$ anos	105	17,2
Possui Pós-Graduação Finalizada		
Sim	340	55,7
Não	270	44,3
Tempo de Término da Pós-Graduação		
Até 1 ano	43	12,6
Entre 1 e 2 anos	138	40,6
Entre 3 e 5 anos	120	35,3
$\geq 6$ anos	39	11,5
Tamanho da Academia		
Pequena (Até 499 alunos)	144	23,6
Média (Entre 500 e 999 alunos)	199	32,6
Grande ( $\geq 1000$ alunos)	267	43,8
Quantidade de Empregos		
1 emprego	360	59,0
2 empregos	168	27,5
3 empregos	82	13,4
Horas de Leitura Semanal		
Até 1 hora por semana	220	36,1
Entre 1 e 2 horas por semana	234	38,4
$\geq 3$ horas por semana	156	25,6
Tipo de Leitura		
Somente Livros	192	31,5
Somente Artigos	260	42,6
Sites e Outros	158	25,9
Consegue Ler Artigos em Inglês		
Sim	34	5,6
Não	576	94,4
TOTAL	610	100,0

Aproximadamente 67% dos profissionais avaliados relataram não apresentar conhecimento específico sobre as condições de saúde e diagnóstico de DCANTs em seus alunos. Àqueles que relataram ter conhecimento das condições de saúde de seus alunos, informaram que os principais grupos atendidos pelos profissionais nas academias são adultos considerados saudáveis (45.3%), com diagnóstico de hipertensão arterial sistêmica (23.5%), diabetes mellitus tipo 2 (8.2%), síndrome metabólica (6.8%), obesidade (6.0%) e outras doenças (10.2%).

Os resultados apresentados na [Tabela 3](#) demonstraram que, quando considerado todos os acertos (acerto para os critérios frequência semanal, duração e intensidade), o maior percentual de acerto ocorreu para prescrição do exercício aeróbio para Obesidade (49.2%) seguido por Diabetes tipo 2 (41.5%). Por outro

lado, o conhecimento sobre Câncer (6.9%) apresentou o menor percentual de acerto. Outro resultado que merece destaque foi que, exceto para Síndrome Metabólica (21%), o maior percentual de acerto foi observado para os critérios frequência semanal e duração do exercício aeróbico.

**Tabela 3.** Comparação do conhecimento dos Profissionais de Educação Física para prescrição do exercício aeróbico para com diagnóstico de doenças crônicas e agravos não transmissíveis.

Grupos Especiais	Frequência Semanal	Duração (minutos)	Intensidade Relativa	Todos os Acertos
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Obesidade	570 (93.4)	532 (87.2)	317 (52.0)	300 (49.2)
Diabetes Tipo 2	422 (69.2)	552 (90.5)	346 (56.7)	253 (41.5)
Síndrome Metabólica	293 (48.0)	471 (77.2)	235 (38.5)	128 (21.0)
Câncer	170 (27.9)	218 (35.7)	204 (33.4)	42 (6.9)
<b>TOTAL</b>		<b>610 (100.0)</b>		

Não foi observado associação significativa entre todos os acertos de recomendação para a prescrição do exercício aeróbico (frequência semanal, duração e intensidade) e o sexo para todas as doenças e agravos avaliados, no entanto, parece haver tendências das mulheres apresentarem maior conhecimento. Como demonstrado na Tabela 4, foi observada associação significativa no conhecimento de recomendação e a faixa etária para todos os grupos especiais, exceto para Câncer. Profissionais da faixa etária mais jovem (22-29 anos) e da faixa etária mediana (40-49 anos) apresentaram significativamente maior conhecimento.

Possuir curso de pós-graduação finalizado não esteve associado significativamente ao maior percentual de acerto dos critérios que compõe a recomendação (Tabela 4). A maior quantidade de empregos esteve inversamente associada ao percentual de todos os acertos, exceto para o conhecimento da recomendação para Síndrome Metabólica. Horas de leitura semanal e o tipo de leitura realizada também estiveram associada significativamente ao conhecimento para todas as doenças avaliadas. Profissionais que relataram ler artigos científicos, apresentaram maior conhecimento da recomendação.

**Discussão**

O presente estudo avaliou o conhecimento dos profissionais de Educação Física atuantes em academias de ginástica de São Paulo em relação as recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte para prescrição do exercício aeróbico para adultos saudáveis e pessoas com DCANTs. Para todos os critérios, o conhecimento da prescrição de atividade física para redução da massa corporal em pessoas com obesidade, apresentou prevalência de 49.2%, sendo a melhor prevalência citada dentre as demais doenças metabólicas. Considerando que a obesidade é o fator de determinante para a incidência de demais condições crônicas metabólicas e câncer, imaginamos que a ausência de aprofundamento e conhecimento específico sobre as recomendações científicas poderá prejudicar o acompanhamento de pacientes em recuperação, em especial câncer.

Diante desse contexto, o menor percentual de acerto para todos os critérios de recomendação foi observado para câncer, (6.9%), embora seja a maior prevalência de mortalidade associada ao sofrimento prévio, apontando a necessidade de conhecimentos especializados para trabalhar com essa população. Todas as outras doenças avaliadas, o percentual de acerto para todos os critérios da prescrição ficou abaixo de 50%, fato que sugere a necessidade de implementar discussões e entendimentos sobre as recomendações para prescrição de exercício aeróbico.

Esses dados são preocupantes, pois apesar de encontrarmos poucos estudos disponíveis na literatura abordando essa temática, os existentes apontam baixo nível de conhecimento em relação às questões específicas da doença e à prescrição do exercício. Por exemplo, no estudo de Goebel et al.<sup>13</sup> os autores avaliaram o conhecimento de profissionais que atuavam em academias de ginástica de Florianópolis-SC sobre a prescrição de exercícios em

diabéticos e os fatores associados à fisiopatologia da doença e constataram que o conhecimento dos profissionais foi insuficiente para atuar com esse grupo populacional de forma satisfatória.

**Tabela 4.** Associação entre o conhecimento dos profissionais de Educação Física para prescrição do exercício aeróbico em pessoas com diagnóstico de doenças crônicas e agravos não transmissíveis.

Variáveis Independentes	TODOS OS ACERTOS			
	Obesidade N (%)	Diabetes Tipo 2 N (%)	Síndrome Metabólica N (%)	Câncer N (%)
Sexo	p=0.436	p=0.418	p=0.408	p=0.709
Homens	128 (42.7)	107 (42.3)	61 (47.7)	17 (40.5)
Mulheres	172 (57.3)	146 (57.7)	67 (52.3)	25 (59.5)
Faixa etária	p=0.001*	p=0.025*	p=0.001*	p=0.251
22-29 anos	94 (31.1)	82 (32.4)	43 (33.6)	13 (31.0)
30-39 anos	55 (18.3)	65 (25.7)	18 (14.1)	13 (31.0)
40-49 anos	105 (35.0)	64 (25.3)	23 (18.0)	11 (26.2)
≥50 anos	46 (15.3)	42 (16.6)	44 (34.4)	5 (11.9)
Tempo de término da graduação	p=0.010*	p=0.048*	p=0.765	p=0.513
Até 1 ano	30 (10.0)	31 (12.3)	20 (15.6)	8 (19.0)
Entre 1 e 3 anos	95 (31.7)	96 (37.9)	41 (32.0)	12 (28.6)
Entre 4 e 6 anos	120 (40.0)	90 (35.6)	43 (33.6)	16 (38.1)
≥7 anos	55 (18.3)	36 (14.2)	24 (18.8)	6 (14.3)
Possui pós-graduação finalizada	p=0.152	p=0.289	p=0.666	p=0.726
Sim	176 (58.7)	149 (58.9)	74 (57.8)	25 (59.2)
Não	124 (41.3)	104 (41.1)	54 (42.2)	17 (40.5)
Tempo de término da pós-graduação	p=0.008*	p=0.001*	p=0.135	p=0.382
Até 1 ano	18 (10.2)	8 (5.4)	13 (17.6)	2 (8.0)
Entre 1 e 2 anos	77 (43.8)	50 (33.6)	31 (41.9)	11 (44.0)
Entre 3 e 5 anos	67 (38.1)	63 (42.3)	23 (31.1)	7 (28.0)
≥6 anos	14 (8.0)	28 (18.8)	7 (9.5)	5 (20.0)
Tamanho da academia	p=0.488	p=0.158	p=0.048*	p=0.611
Pequena (Até 499 alunos)	74 (24.7)	61 (24.1)	30 (23.4)	11 (26.2)
Média (Entre 500 e 999 alunos)	91 (30.3)	72 (28.5)	41 (32.0)	9 (21.4)
Grande (≥1000 alunos)	135 (45.0)	120 (47.4)	57 (44.5)	22 (52.4)
Quantidade de empregos	p=0.045*	p=0.047*	p=0.461	p=0.040*
1 emprego	180 (60.0)	142 (56.1)	74 (57.8)	25 (59.5)
2 empregos	76 (25.3)	80 (31.6)	33 (25.8)	13 (31.0)
3 empregos	44 (14.7)	31 (12.3)	21 (16.4)	4 (9.5)
Horas de leitura semanal	p=0.001*	p=0.046*	p=0.041*	p=0.046*
Até 1 hora por semana	97 (32.3)	94 (37.2)	48 (37.5)	16 (38.1)
Entre 1 e 2 horas por semana	156 (52.0)	102 (40.3)	47 (36.7)	19 (45.2)
≥3 horas por semana	47 (15.7)	57 (22.5)	33 (25.8)	7 (16.7)
Tipo de leitura	p=0.042*	p=0.007*	p=0.035*	p=0.031*
Somente Livros	91 (30.3)	92 (36.4)	34 (26.6)	17 (40.5)
Somente Artigos	121 (40.3)	111 (43.9)	60 (46.9)	16 (38.1)
Sites e Outros	88 (29.3)	50 (19.8)	34 (26.6)	9 (21.4)

\*Associação estatística (p<0,05)

Teixeira et al.<sup>20</sup>, avaliaram o conhecimento de profissionais do Recife – PE sobre a prescrição do exercício para diabéticos e encontraram baixo conhecimento, sendo observado conhecimento insuficiente para atuar com esse grupo populacional. No estudos realizados por Monteiro et al.<sup>15,16</sup>, com 400 profissionais de Educação Física de Fortaleza os autores encontraram dados similares a outros estudos<sup>13,20</sup>.

Outro estudo interessante realizado por Salerno et al.<sup>17</sup> com profissionais de academia da cidade de pelotas – RS, demonstrou que o nível de conhecimento sobre atividade física e saúde mostrou-se baixo entre os profissionais de academia, principalmente entre aqueles sem formação em educação física.

Essas evidências são importantes pois se considerarmos que os levantamentos epidemiológicos apontam aumento de 23.6% (2006) para 57.2% na quantidade de pessoas adultas no Brasil com sobrepeso e 22.4% em condição de obesidade. Em relação ao diabetes tipo 2, encontramos prevalência de 9.1%, embora o contexto mais preocupante seja o crescimento anual de câncer no Brasil, com 450 mil novos caso/ano. Isso significa que, futuramente, mais pessoas desenvolverão essa doença e, portanto, a demanda de atendimento em relação ao uso do exercício aeróbico como fator de prevenção e tratamento também vai aumentar.

Portanto, o cenário que temos atualmente é uma progressão acentuada no número de pessoas não-saudáveis e com diagnóstico de DCNATs no Brasil e por outro lado, baixo nível de conhecimento sobre os critérios de prescrição do exercício aeróbico para cada população, apontando que haverá maior demanda sem formação



específica e aplicação de recomendações para emagrecimento, diabetes tipo 2, síndrome metabólica e câncer, respectivamente. Esses resultados poderiam ser explicados pela falta de atualização nas disciplinas que compõem os cursos de graduação bacharelado ou pela baixa carga horária disponibilizada para abordar essa temática, o que demonstra que provavelmente, a atualização curricular, nesse contexto, deve ser discutida de forma urgente.

Adicionalmente cabe ressaltar que em nosso estudo foi evidenciado maior nível de acertos para prescrição de exercício aeróbico para a condição de obesidade (49.2%) e diabetes (41.5 %) comparado a síndrome metabólica (21%) e câncer (6.9%). Embora não tenha sido investigado as razões para tal discrepância, é possível considerar que o contato com pessoas obesas bem como diabetes tende a ser mais frequentes em ambientes de academia bem com tradicionalmente as anamneses utilizadas podem não identificar riscos ou possibilidades para indivíduos com câncer.

Por outro lado, em discordância da hipótese inicial em que a formação em curso de pós-graduação *lato sensu* seria determinante para elevação de conhecimento específico, os nossos achados demonstram que apenas 55.7% dos profissionais apresentam especialização sem influência no aumento de conhecimento, de critérios que compõem a recomendação do exercício aeróbico para as condições crônicas analisadas. Portanto, imaginamos que caberá aos cursos de formação bacharelada implementar a discussão e reflexão das diretrizes científicas das DCNATs e sua aplicação na atuação profissional, frente ao novo cenário nacional. Desta forma, orientar e apresentar as respectivas diretrizes aos profissionais de Educação Física será condição determinante no exercício profissional.

Em estudo recente de coorte de 3 anos, Kikuchi et al.<sup>21</sup> avaliaram o impacto de seguir as recomendações para a prática do exercício na mortalidade de mais de 83 mil japoneses e concluíram que cumprir as diretrizes em qualquer padrão de exercício físico é importante para diminuir o risco de mortalidade e promover saúde nos praticantes.

Nesta perspectiva é inegável que a quantidade de pessoas com diagnóstico de DCANTs no Brasil está aumentando rapidamente<sup>2</sup>. No entanto, os resultados desse estudo apontam para prováveis deficiências na formação dos profissionais de Educação Física para atender essa demanda populacional crescente nas academias. Diante dos resultados encontrados em nosso estudo é necessário que ajustes sejam realizados na formação do profissional de Educação Física. Dessa forma sugerimos as seguintes intervenções: 1) realizar estudos com amostras mais amplas, de outras regiões do Brasil, bem como que abordem outros modelos de exercício físico que são sugeridos pelas recomendações mundiais, como por exemplo o exercício resistido para melhor entender a realidade do conhecimento dos profissionais de Educação Física sobre as recomendações para a prescrição do exercício e seus fatores de influência. 2) adequar o modelo de formação do curso de graduação em Educação Física, promovendo atividades de ensino, extensão e pesquisa com foco na prescrição de modelos de exercícios físicos sugeridos pelas recomendações mundiais para pessoas não-saudáveis e com diagnóstico de DCANTs. 3) solicitar maior atuação dos Conselhos Regionais de Educação Física na promoção de cursos de atualização profissional com foco em pessoas com DCANTs bem como a produção de diretrizes próprias baseada em evidências científicas para direcionar a atuação do profissional. 4) mobilizar pesquisadores brasileiros, no sentido de facilitar o acesso a informação científica de qualidade abordando essa temática. Nesse sentido, com a internacionalização dos periódicos nacionais e o crescente número de publicações de artigos científicos na língua inglesa, tem se tornado uma barreira de acesso a informação científica para a maioria dos profissionais de Educação Física, uma vez que a maioria não domina a leitura na língua inglesa (94.4%). Existem poucos estudos<sup>14,18,20</sup> na literatura nacional investigando o nível de conhecimento com base em diretrizes bem como sua

importância<sup>22</sup>. Assim, sugere-se a tradução e a disponibilização gratuita e obrigatória dos *Guidelines* disponíveis. 5) disponibilizar cursos de atualização profissional pelos gestores de Academia em parcerias com universidades públicas ou privadas com a finalidade de facilitar o acesso do profissional de Educação Física às diretrizes atuais para a prescrição do exercício físico. 6), estimular a leitura e discussão de artigos científicos em todos os momentos da formação profissional (graduação, pós-graduação e cursos de atualização).

### Conclusão

O conhecimento dos profissionais de Educação Física em relação às recomendações para prescrição do exercício aeróbico foi maior para obesos quando comparado ao câncer, Diabetes tipo 2 e síndrome metabólica. Contudo, considerando que o maior valor para todos os acertos foi de 49.2% para obesidade e o menor para Câncer com 6.

9%, consideramos que o nível de conhecimento dos profissionais foi insuficiente, o que pode dificultar a prestação de serviço adequada e especializada para esses grupos populacionais.

**Autoria.** Todos os autores contribuíram intelectualmente no desenvolvimento do trabalho, assumiram a responsabilidade do conteúdo e, da mesma forma, concordam com a versão final do artigo. **Financiamento e Agradecimentos.** Os autores agradecem a todos os envolvidos na pesquisa. Agradecimentos especiais a Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelos projetos de fomento 2022-VT4KM, 2022-J72BB e 2022-5SBS2 destinado a ASL e 2022-R3S68 e 2022-13H7D destinado a DSB. O fundo não teve papel no desenho do estudo, na coleta de dados, na decisão e na preparação do manuscrito. **Conflito de interesses.** Os autores declaram não haver conflito de interesses. **Origem e revisão.** Não foi encomendada, a revisão foi externa e por pares. **Responsabilidades Éticas. Proteção de pessoas e animais:** Os autores declaram que os procedimentos seguidos estão de acordo com os padrões éticos da Associação Médica Mundial e da Declaração de Helsinque. **Confidencialidade:** Os autores declaram que seguiram os protocolos estabelecidos por seus respectivos centros para acessar os dados das histórias clínicas, a fim de realizar este tipo de publicação e realizar uma investigação / divulgação para a comunidade. **Privacidade:** Os autores declaram que nenhum dado que identifique o paciente aparece neste artigo.

### Referências

1. [Boutayeb A, Saber B. The burden of noncommunicable diseases in developing countries. Int J Equity Health. 2005; 4\(2\): 1-8.](#)
2. Brasil. Ministério da Saúde. Vigilância de doenças crônicas por inquérito telefônico (Vigitel Brasil 2017). Estimativas sobre frequência e distribuição sócio-demográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2016. Série G. Estatística e informação em saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2017.
3. [Abegunde DO, Mathers CD, Adam T, Ortegon M, Strong K. The burden and costs of chronic diseases in low-income and middle-income countries. Lancet. 2007; 370\(9603\): 1929-1938.](#)
4. WHO. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organization, 2010.
5. WHO. Noncommunicable diseases country profiles 2011. Geneva. 2011.
6. [Garber Ac, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Position stand American College of Sports Medicine. Med Sci Sports Exerc. 2011; 43\(7\): 1334-1359.](#)
7. [Chodzko-Zajko W, Proctor DN, Singh MF, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. American College of Sports Medicine position](#)

- [stand. Exercise and physical activity for older adults. Med Sci Sports Exerc. 2009; 41\(7\): 1510-1530.](#)
8. [Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary. Med Sci Sports Exerc. 2010; 33\(2\): 2692-2696.](#)
  9. WHO. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organization, 2012.
  10. WHO. Diet and Physical Activity Factsheet. Secondary Diet and Physical Activity Factsheet. 2013.
  11. [Forman DE, Haykowsky M, Jahangir A, Kaminsky LA, Kitzman DW, Lewis EF, et al. Prioritizing functional capacity as a principal end point for therapies oriented to older adults with cardiovascular disease a scientific statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Circulation. 2017; 135\(16\): E894-e918.](#)
  12. [Conselho Federal de Educação Física. Resolução CONFEF nº 046/2002. Disponível em: \[http://www.confef.org.br/extra/resolucoes/conteudo.asp?cd\\\_resol=82\]\(http://www.confef.org.br/extra/resolucoes/conteudo.asp?cd\_resol=82\). Acesso em: 7 junho 2018.](#)
  13. [Goebel M, Borges L, Barbosa A. O conhecimento dos profissionais de Educação Física atuantes em academias de ginástica de Florianópolis, em relação às pessoas com Diabetes. Rev Bras Ativ Fis Saúde. 2013; 18\(3\): 309-316.](#)
  14. [Ceschini FL, Andrade EL, Ramallo BT, Bocalini DS, Figueira Junior AJ. Conhecimento da prescrição do exercício aeróbico para pessoas com doenças cardiovasculares. Rev Bras Ci e Mov. 2016;24\(2\):119-128.](#)
  15. [Monteiro LZ, Spinato TT, Silva CAB, Pinheiro MHNE, Santos ZMSA, Montenegro Junior RM. Conhecimento do profissional de Educação Física frente à atuação com portadores de diabetes mellitus nas academias de ginástica de Fortaleza, CE. Rev Bras Educ Fis Esporte. 2009; 23\(2\): 135-142.](#)
  16. [Monteiro LZ, Spinato TT, Silva CAB, Santos ZMSA, Montenegro Junior RM. Nível de conhecimento do Profissional de Educação Física frente a alunos com hipertensão arterial nas academias de ginástica. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2010; 12\(4\): 262-268.](#)
  17. [Salerno M, Rombaldi AJ, Reichert FF, Silva MC. Conhecimento sobre atividade física e saúde dos profissionais de academia de Pelotas-RS. Rev Bras Med Esporte. 2015; 21\(5\): 345-349.](#)
  18. [Ceschini F, Figueira Junior A, Andrade EL, Araújo TL, Rica RL, Miranda MLJ, et al. Level of knowledge of physical education professionals about aerobic and resistance exercise prescription for elderly people. Rev Bras Med Esporte. 2018; 24\(6\): 465-470.](#)
  19. [Mctiernan A, Friedenreich CM, Katzmarzyk PT, Powell KE, Macko R, Buchner D, et al. Physical activity in Cancer Prevention and survival: a systematic review. Med Sci Sports Exerc. 2019; 51\(6\): 1252-1262.](#)
  20. [Teixeira LEC, Cruz PWS, Soares MMA, Santos HLBA, Borges J, Vanea DMM. Grau de conhecimento dos profissionais de Educação Física sobre a prescrição de exercício física para diabéticos. Rev Bras Ciênc Saúde. 2011; 9\(29\):25-30.](#)
  21. [Kikuchi H, Inoue S, Lee IM, Odagiri Y, Sawada N, Inoue M, Tsugane S. Impact of moderate-intensity and vigorous-intensity physical activity on mortality. Med Sci Sports Exerc. 2018; 50\(4\): 715-721.](#)
  22. [Ceschini FL, Figueira Junior AJ, Falconi CA, Farias US, Almeida VT, Serafim CL, Mancini RB. Atividade física e saúde: importância dos Statements para a prática de atividade física em crianças e adolescentes, adultos e idosos. Rev Bras Ciênc Saúde. 2015; 7\(21\): 6-9.](#)

Original



## Efecto de la especificidad de la carga el día antes de la competición en ciclistas Masters de Mountain-Bike. Un estudio piloto

David Rodríguez Redondo<sup>a</sup>, Francisco Barrera Domínguez<sup>a</sup>, Juan Manuel Romero Lorenzo<sup>b</sup>, Isabel Sánchez Nosea<sup>b</sup>, Rodolfo Ortiz Domínguez<sup>b</sup>, Héctor Vázquez Lorente<sup>c</sup>, Jorge Molina López<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Educación, Psicología y Ciencias del Deporte, Universidad de Huelva, Huelva, España

<sup>b</sup> Centro Andaluz de Medicina del Deporte, Huelva, España

<sup>c</sup> Departamento de Fisiología, Universidad de Granada, Granada, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 3 de octubre de 2022, aceptado el 10 de mayo de 2023, online el 7 de julio de 2023

### RESUMEN

**Objetivo:** El presente estudio pretendió evaluar el efecto la especificidad del estímulo aplicado en la sesión de entrenamiento el día previo a la competición sobre el rendimiento deportivo en ciclistas Máster de Mountain bike (MTB).

**Método:** Los participantes (n = 5, VO<sub>2</sub>máx. 60.8 ± 9.92 ml/kg/min) realizaron 3 tipos diferentes sesiones de trabajo en el día previo a la competición (situación de control; situación específica; situación inespecífica). El rendimiento de los ciclistas fue evaluado mediante un test de 5 minutos all-out a máxima intensidad.

**Resultados:** Se observó una menor cadencia media en la situación de trabajo específica vs. la situación control (diferencia de medias estandarizadas = 0.68 [IC 95%, 0.20 - 1.16; d=1.74]). Además, existieron diferencias para la frecuencia cardíaca (FC) media al comparar la situación control vs. la situación inespecífica (diferencia de medias estandarizadas = 0.45 [IC 95%, 0.12 - 0.78; d=3.34]). La eficiencia mecánica (potencia/pulso) resultó ser mayor en la situación de trabajo específica vs. la situación control (diferencia de medias estandarizadas = -0.08 [IC 95%, -0.17 - 0.00; d=1.21]), observándose una tendencia a la significación entre las situaciones específica vs inespecífica. Finalmente, los ciclistas mostraron una mayor FC y potencia al comparar la situación control frente a las situaciones intervenidas en los primeros 120s del test.

**Conclusión:** Las tres situaciones de trabajo en el día previo a la competición propuestas obtuvieron un rendimiento similar, aunque se observó una menor cadencia media y una mayor eficiencia mecánica para la sesión de trabajo específica, pudiendo ser beneficiosa para la mejora del rendimiento competitivo en ciclistas máster de MTB.

**Palabras clave:** Ciclismo; Competición; Eficiencia; Bicicleta de montaña

## Effect of load specificity on the day before competition in Mountain-Bike Masters cyclists. A pilot study

### ABSTRACT

**Objective:** To compare the effect of the specificity of the stimulus applied in a pre-competition training session the day before performing a 5 min all-out test in Mountain bike (MTB) masters cyclists.

**Method:** Participants (n = 5, VO<sub>2</sub>máx. 60.8 ± 9.92 ml/kg/min) performed 3 different types of training sessions on the day before the competition (control situation; specific situation; non-specific situation). The cyclists' performance was evaluated by means of a 5-minute all-out test at maximum intensity.

**Results:** A lower average cadence was observed in the specific situation vs. the control situation (standardised mean difference = 0.68 [95% CI, 0.20 - 1.16; d=1.74]) Moreover, there were differences for mean heart rate (HR) when comparing the control vs. non-specific situation (standardised mean difference = 0.45 [95% CI, 0.12 - 0.78; d=3.34]). Mechanical efficiency (power/pulse) was found higher in the specific situation vs. the control situation (standardised mean difference = -0.08 [95% CI, -0.17 - 0.00; d=1.21]), a tendency towards significance between the specific vs. non-specific situations was observed. Finally, the cyclists showed higher HR and power when comparing the control situation versus the intervened situations in the first 120s of the test.

**Conclusion:** The 3 proposed pre-competition situations had a similar sports performance, although a lower average cadence and a higher mechanical efficiency were observed for the specific situation, which could be beneficial for the improvement of competitive performance in MTB masters cyclists.

**Keywords:** Cycling; Competition; Efficiency; Mountain-bike

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [jorge.molina@ddi.uhu.es](mailto:jorge.molina@ddi.uhu.es) (Jorge Molina-López).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2023.06.001>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2023 Consejería de Cultura, Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Efeito da especificidade da carga no dia anterior à competição em ciclistas de Mountain-Bike Masters. Um estudo piloto

### RESUMO

**Objetivo:** Comparar o efeito da especificidade do estímulo aplicado numa sessão de treino pré-competição no dia anterior à realização de um teste de 5 min em ciclistas masters de Mountain bike (MTB).

**Método:** Os participantes (n = 5, VO2máx. 60.8 ± 9.92 ml/kg/min) realizaram 3 tipos diferentes de ativações (situação de controlo; situação específica; situação não específica) antes da realização do teste. O desempenho dos ciclistas foi avaliado através de um teste de 5 minutos em intensidade máxima.

**Resultados:** Foi observada uma cadência média mais baixa na situação de trabalho específica em comparação com a situação de controlo (diferença média padronizada = 0.68 [IC 95%, 0.20 - 1.16; d=1.74]). Além disso, verificaram-se diferenças na frequência cardíaca média (FC) quando se comparou a situação de controlo com a situação não específica (diferença média padronizada = 0.45 [IC 95%, 0.12 - 0.78; d=3.34]). Verificou-se que a eficiência mecânica (potência/pulso) era mais elevada na situação de trabalho específica do que na situação de controlo. (diferença média padronizada = -0.08 [IC 95%, -0.17 - 0.00; d=1.21]), observou-se uma tendência para a significância entre as situações específicas e não específicas. Por fim, os ciclistas apresentaram uma FC e uma potência mais elevadas quando comparada a situação de controlo versus as situações intervencionadas nos primeiros 120s do teste.

**Conclusão:** As três situações de trabalho no dia pré-competitivo proposto obtiveram um desempenho semelhante, embora se tenha observado uma cadência média mais baixa e uma maior eficiência mecânica para a situação específica, o que poderá ser benéfico para a melhoria do desempenho competitivo dos ciclistas masters de BTT.

**Palavras-chave:** Ciclismo; Competição; Eficiência; Mountain-bike

### Introducción

El rendimiento en los deportes de resistencia, y más concretamente en el ciclismo, se determina en gran medida por la máxima producción de energía sostenida para una determinada distancia de competición y el coste energético de mantener una velocidad y potencia de carrera determinada<sup>1,2</sup>. El ciclismo de montaña (MTB) incluye varias subdisciplinas, y entre ellas podemos encontrar el Cross-Country Olímpico (XCO). Se disputa sobre recorridos a base de senderos con una amplia cantidad de situaciones en cuanto al firme se refiere, aunque incluyen una considerable cantidad de escalada, normalmente en torno al 40% de la distancia de la prueba. El XCO se ha descrito como especialidades de alta intensidad y naturaleza intermitente que imponen demandas sobre todo el cuerpo<sup>3</sup>. Deportistas de categoría amateur de la disciplina cuentan con consumo de oxígeno de 4.5 ± 0.5 L/min (64.8 ± 8.2 ml/kg/min) y frecuencias cardíacas (FC) máximas de ~191 pulsaciones por minuto (ppm)<sup>4</sup>, siendo equivalentes al 90% de la FC máxima y el 84% del consumo de oxígeno máximo (VO2máx.), observándose que más del 82% de este tipo de pruebas se realizarían por encima del umbral de lactato<sup>5</sup>.

La capacidad de producir altas potencias es crucial para el rendimiento en MTB, observándose que los valores de potencia aeróbica máxima oscilarían entre 360 y 400 vatios (W) en ciclistas amateurs entrenados<sup>6,7</sup>. Las competiciones de MTB requieren de un amplio abanico de potencias, mostrando un coeficiente de variación del 69%, siendo la menor potencia observada atribuida a las bajadas sin pedalear. Específicamente, la potencia generada a diversos umbrales ha demostrado que en este tipo de disciplina ciclística el 39% de la duración de la competición se invertía por debajo del umbral aeróbico, el 19% se invertía entre umbral aeróbico-anaeróbico, un 20% entre umbral anaeróbico y la potencia aeróbica máxima (PAM) y un 22% restante por encima de ella<sup>7</sup>. Por tanto, el rendimiento en el ciclismo vendría determinado principalmente por (i) el consumo de oxígeno máximo (VO2 máx.), (ii) el umbral del lactato/ventilatorio (LT/VT) y/o (iii) la eficiencia del deportista<sup>8</sup>. En esfuerzos de menor duración y mayor intensidad, la contribución de la capacidad anaeróbica como principal fuente energética a través de la vía glucolítica y vías de fosfógeno y neuromusculares, también desempeñarán un papel relevante para sostener el esfuerzo de alta intensidad para el mantenimiento del esfuerzo en ciclismo, especialmente durante la competición<sup>8</sup>.

El entrenamiento el día previo a una competición resulta de gran importancia para el rendimiento deportivo en un deportista.

En cuanto a las estrategias próximas a la competición, encontramos el término de tapering o puesta a punto previa a la competición, definida como una reducción progresiva no lineal de la carga de entrenamiento durante un periodo variable de tiempo, que tiene como objetivo reducir el estrés fisiológico y psicológico del entrenamiento diario<sup>9</sup>. Para lograr este concepto, estos autores proponen un mantenimiento de la intensidad, una reducción del volumen de entrenamiento del 60 al 90% y reducir levemente la frecuencia no más de un 20%. Su duración puede variar desde los 4 hasta los 28 días, por lo que hablando en términos propios de activación el día previo a la prueba, no deja definido que realizar. A más corto plazo, la literatura actual ha mostrado diversas estrategias próximas a la competición como el calentamiento y la potenciación post-activación (PAP) y su relación con un mayor rendimiento deportivo, aunque sin llegar a aportar soluciones a nuestra pregunta en cuestión. Se ha demostrado los potenciales efectos de incluir en el calentamiento el ejercicio drop jump (DJ) donde mejoró el rendimiento de ciclismo supramáximo y aumentó la capacidad anaeróbica a pesar de una mayor fatiga periférica.<sup>10</sup> Otras investigaciones llegan a vislumbrar que no es necesario calentar previo a un test o que hay que hacerlo a través de una baja duración de este<sup>11,12</sup>.

Para nuestro conocimiento la literatura actual no muestra evidencias sobre los estímulos previos a la competición, especialmente en ciclismo y, con especial énfasis en el día previo a la prueba. En este sentido, una mala gestión del estímulo previo a la competición podría desencadenar un mal rendimiento en la prueba o competición o, por otro lado, alterar toda la forma deportiva construida después de un largo periodo de entrenamiento. Por tanto, la finalidad de esta intervención se plantea desde la perspectiva de que la sesión de trabajo previo a la competición que realice un ciclista será determinante de su rendimiento competitivo posterior, pudiendo experimentar diferentes rendimientos el día de la prueba en función de la sesión realizada, todo ello a pesar de que se haya seguido una rigurosa estructuración en el proceso de entrenamiento. Por ello, el presente estudio pretendió evaluar el efecto la especificidad del estímulo de trabajo en el día previo a la competición sobre el rendimiento deportivo en ciclistas de MTB.

### Métodos

#### Enfoque experimental del problema

Esta investigación se dividió en 3 situaciones (una situación control, una situación específica encima de la bici, y una situación inespecífica fuera de la bici realizada mediante el ejercicio de

fuerza con cargas individualizadas en base al perfil fuerza-velocidad). El estudio se realizó para investigar los efectos de la especificidad de la carga el día previo a la competición en ciclistas máster de MTB. Para ello se utilizó como prueba medidora del rendimiento un test de 5 minutos a máxima intensidad, la cual puede reflejar las demandas fisiológicas de esta disciplina, estando al mismo tiempo validada como una medición indirecta del VO<sub>2</sub>máx. a través de la potencia desarrollada<sup>13</sup>.

### Diseño

El presente estudio se trata de un diseño preexperimental pre-post llevado a cabo durante la temporada precompetitiva durante los meses de enero-febrero de 2021, después de un periodo previo pretemporada que incluyó trabajo previo con cargas bajas en gimnasio y encima de la bicicleta. Todos los participantes partían con una estandarización previa en cuanto a carga de entrenamiento y, además, realizaron el mismo protocolo de intervención en el que, el día previo a la competición simulada, recibían la sesión de entrenamiento específico e inespecífico.

### Participantes

Un total de 6 ciclistas de categoría MTB fueron reclutados voluntariamente para participar en el presente estudio, en el que 5 de ellos pudieron concluirla con éxito (n = 5; edad 44 ± 6.63 años; masa corporal 70.72 ± 8.32 kg). Para ello, los deportistas debían ser de nivel 3 (60.8 ± 9.92 ml/kg/min) de acuerdo con la clasificación propuesta<sup>14</sup>, y competir tanto a nivel provincial como regional durante los últimos 3 años. Los criterios de inclusión fueron: pertenecer a la categoría Máster; estar libres de lesiones musculoesqueléticas u otras afecciones que pudieran obstaculizar su participación; competir en los niveles anteriormente mencionados y; no ingerir durante el periodo de intervención ninguna sustancia que pueda comprometer el rendimiento. A todos los participantes se les explicaron los objetivos de la presente intervención, así como los procedimientos a realizados durante la misma. Una vez informados, a todos los participantes se les proporcionó un consentimiento informado por escrito para que aceptaran voluntariamente su participación en el estudio. Esta investigación cumple con las reglas establecidas en la Declaración de Helsinki.

### Valoración antropométrica

Las mediciones en la composición corporal fueron evaluadas mediante el empleo de un analizador de composición corporal DSM-BIA multifrecuencia segmental (InBody, Barcelona, España). Para la evaluación, todos los participantes debían: no haber ingerido alcohol 24 horas antes de la medición; no haber realizado ejercicio vigoroso 12 horas antes; no haber ingerido ninguna bebida o comida al menos 3 horas antes de la toma; y no haber orinado previamente. La valoración de la composición corporal se realizó al inicio del estudio coincidiendo con el mismo día en el que se realizó la medición de la primera situación. Los principales parámetros antropométricos obtenidos fueron la masa corporal, el índice de masa corporal, la masa muscular y el porcentaje de grasa corporal.

### Determinación del perfil fuerza - velocidad

El perfil fuerza-velocidad fue determinado por la relación neuromuscular entre la fuerza y la velocidad de los miembros inferiores usando un salto con contramovimiento (CMJ) con una barra hexagonal y utilizando una plataforma de contacto Chronojump (Chronojump BoscoSystem®, Barcelona, España). Cada sujeto realizó un CMJ vertical máximo saltar con su masa corporal, sin carga, y luego cinco saltos más con una carga extra entre 20 y 60 kg. Para ser válido, cada sujeto debía que alcanzar al

menos 10 cm de altura con el intento de carga<sup>15</sup>. Antes del primer salto de CMJ, y aunque los deportistas conocían la prueba, se les explicó la ejecución de todos los saltos tanto sin como con carga. Cada salto se realizó de la misma manera que la prueba CMJ. Cada intento estuvo acompañado de dos minutos de descanso para asegurar rendimiento máximo. Finalmente, se utilizaron saltos múltiples para calcular el perfil fuerza-velocidad. Los datos obtenidos se insertaron manualmente en una hoja Excel para aplicar el método de Samozino<sup>16</sup> y estimar la fuerza media, la velocidad y la potencia del saltar considerando tres variables: la altura del salto, la masa corporal y la distancia del movimiento CMJ; calculado como la diferencia entre la longitud de la pierna extendida (desde la parte anterior cresta ilíaca superior a los dedos del pie con flexión plantar) y la longitud desde la cresta ilíaca superior al suelo en la posición de cuclillas. Los valores fueron: la máxima producción de fuerza concéntrica (FO), la máxima velocidad de extensión de las extremidades inferiores (VO), la potencia máxima generada por las extremidades inferiores (PMáx.); el balance entre la capacidad de producir fuerza y potencia (Sfv).

### Valoración de la resistencia cardiorrespiratoria

Para determinar el VO<sub>2</sub>máx. durante el ejercicio de ciclismo, los sujetos realizaron usando una prueba de ejercicio máxima progresiva. Los sujetos pedalearon en un cicloergómetro Ergoline (Modelo 800) con analizador de gases (CPX Ultima System de Medgraphics, con software Breezex suite 8.5.0.6.5.SP5 Data-Bense V.750). Cada participante comenzaba a pedalear en el cicloergómetro con una potencia externa de 30W y una cadencia de pedaleo mantenida de 70 revoluciones por minuto (rpm). Cada minuto, la producción de potencia se incrementó en 30W hasta que los sujetos no pudieron continuar a pesar del estímulo verbal y/o su cadencia de pedaleo no se mantuvo a 70 rpm. Paralelamente se registró la FC, el cociente respiratorio, así como la actividad cardíaca de cada deportista mediante un electrocardiograma tanto en reposo como durante la prueba de esfuerzo.

### Prueba de 5' - All Out

Para valorar los posibles cambios de rendimiento en la aplicación de los diferentes protocolos de activación se utilizó el test de potencia de 5 min all out en laboratorio<sup>13</sup>. Los ciclistas, después de realizar un calentamiento de 10' al 50% de la PAM y 3 cambios de cadencia de 10s intercalados con 2 minutos de recuperación entre ellos, debían pedalear durante 5 minutos al máximo de potencia sostenible para dicha duración. Cada participante realizó la prueba en su propia bici, adaptada ergonómicamente en base a sus características personales y con sus respectivos potenciómetros, calibrados minutos antes de la ejecución de esta. La prueba se llevó a cabo en un rodillo estándar para todos (Tacx Flux S Smart) y los deportistas contaron con ventilación asistida.

### Protocolo de intervención

Previo a la intervención, todos los participantes realizaron un periodo preparatorio o pretemporada, poniendo especial énfasis en el trabajo general de la fuerza y rodaje encima de la bicicleta. Dentro de la estructura semanal o microciclo de entrenamiento, todos los ciclistas incluyeron 2 días de descanso a la semana de forma estandarizada. Durante la semana previa al comienzo de la intervención, los sujetos fueron evaluados para determinar el perfil fuerza-velocidad (F-V) y su valor de carga asociado a un levantamiento de 1 m/s en sentadilla, peso muerto e hip trust (SQ, DL y HT), así como su VO<sub>2</sub>máx. en cicloergómetro para la determinación de los umbrales ventilatorios (VT1 y VT2). Durante este periodo, los sujetos fueron instruidos para mantener sus

hábitos alimentarios con normalidad, así como para no ingerir usar sustancias ergogénicas que pudieran afectar al rendimiento.

Para la intervención, todos los participantes siguieron un protocolo de entrenamiento individualizado en el que las cargas fueron previamente planificadas de acuerdo con la valoración previa realizada a cada ciclista (tabla 1). Cada semana de intervención se estructuró de la siguiente manera: (i) los lunes, se entrenaba fuerza en gimnasio con los ejercicios mediante los ejercicios SQ, DL y HT, completando un total de 3 series con una carga asociada a su carga de máxima potencia<sup>17</sup>, además de una pérdida del 10% de velocidad, intercaladas por 120 segundos de recuperación; los martes y viernes se realizó un descanso general; los miércoles se realizó la intervención, donde: en la semana 1 de intervención, se llevó a cabo una sesión de trabajo específica encima de la bicicleta, donde los sujetos pedalearon durante 1h al 50% de la PAM (situación control); en la semana 2 de intervención, se llevó a cabo una sesión de trabajo específica encima de la bicicleta, donde los sujetos pedalearon durante 1h al 50% de la PAM y realizando 4 esfuerzos progresivos de 4 minutos, de un 50% hasta alcanzar la potencia asociada su umbral anaeróbico, con una recuperación 1:1 (4 minutos) (situación específica); en la semana 3 de intervención, se realizó una sesión de trabajo inespecífica en gimnasio en el que los participantes realizaron 3 series para los ejercicios SQ, DL y HT con una carga de 1 m/s y una pérdida de velocidad de un 5%, teniendo por recuperación 2 minutos (situación inespecífica). Los jueves de cada semana, se realizó la medición simulación de competición en rodillo mediante un test incremental donde precedido de un calentamiento de 10' al 60% de la PAM, los sujetos realizaban el test de 5 min all out.

Tabla 1. Esquema de la intervención.

Intervención	Variable	Día 1	Día 2
Control	Ejercicio de ciclismo	Ciclismo 1h al 50% de la PaVO <sub>2máx.</sub>	
Sesión específica - Series	Ejercicio de ciclismo	Ciclismo 1h + 4 x 4' progresivo desde el 50% de PaVO <sub>2máx.</sub> hasta 100% de PaRC / 4'Rec	Test 5' all out
Sesión inespecífica - F-V	Levantamientos con cargas	Ejercicio de sentadilla, peso muerto y empuje de cadera con la carga asociada a 1 m/s [5% pv] / 2'Rec	

Abreviaturas: PaVO<sub>2máx.</sub>, potencia a VO<sub>2máx.</sub>; PaRC, potencia en umbral anaeróbico; [5% pv], 5% de pérdida de velocidad.

### Análisis de los datos

El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS versión 25 en el sistema operativo de Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Se calcularon las medias y la desviación estándar (DE) para las variables cuantitativas. La normalidad de las variables evaluadas se determinó mediante la prueba de Shapiro-Wilks. La prueba t de Student para muestras pareadas se realizó para evaluar la influencia de las diferentes sesiones de trabajo en el día previo sobre el rendimiento determinado en la prueba de 5 minutos all out, expresadas como puntuaciones estandarizadas (z-scores). Adicionalmente, se expresaron las diferencias entre las medias de cada comparación y los intervalos de confianza (IC) al 95%. Si no se incluía el cero en el IC al 95% de la estimación, se concluía que el cambio era estadísticamente significativo. El coeficiente d de Cohen determinó la magnitud de las diferencias: efecto pequeño (<0.4); efecto moderado (0.41-0.7); efecto grande (>0.7)18.

### Resultados

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos previos a la intervención, en cuanto al perfil fuerza-velocidad, F0 fue de 36.4 ± 8.39 N/kg, VO, 2.78 ± 0.67 m/s, PMáx. 24.7 ± 6.17 W/kg y Sfv -14.4

± 7.76 Ns/m/kg. En la valoración cardiorrespiratoria, los sujetos obtuvieron un VO<sub>2máx.</sub> absoluto de 4.27 ± 0.62 L/min, un VO<sub>2máx.</sub> relativo de 60.8 ± 9.92 ml/kg/min con una potencia asociada de 372 ± 54.4 W y una FC de 169 ± 9.32. La potencia y FC a umbral anaeróbico fue de 276 ± 25.1 W y 149.8 ± 12.9 ppm.

Tabla 2. Características de la muestra de estudio.

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad (años)	44.0	6.63	33.0	51.0
Masa corporal (kg)	70.7	8.32	63.0	84.9
Altura (cm)	176.8	7.88	165.0	185.0
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22.9	2.13	20.4	26.2
Masa grasa (%)	12.9	4.25	6.40	17.2
Masa magra (kg)	61.5	6.41	52.8	70.3
<b>Perfil F-V</b>				
F0 (N/kg)	36.4	8.39	27.3	49.3
VO (m/s)	2.78	0.67	1.75	3.53
P Máx. (W/kg)	24.7	6.17	19.7	34.6
Sfv (Ns/m/kg)	-14.4	7.76	-28.1	-9.44
<b>Parámetros de resistencia</b>				
VO <sub>2máx.</sub> (L/min)	4.27	0.62	3.51	5.07
VO <sub>2máx.</sub> (ml/kg/min)	60.8	9.92	51.0	74.8
PaVO <sub>2máx.</sub> (vatios)	372.0	54.4	300.0	450.0
F <sub>Ca</sub> VO <sub>2máx.</sub> (ppm)	169.0	9.32	160.0	180.0
PaRC (vatios)	276.0	25.1	240.0	300.0
F <sub>Ca</sub> RC (ppm)	149.8	12.9	133.0	165.0

Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal; F0, máxima producción de fuerza concéntrica; VO, máxima velocidad de extensión de las extremidades inferiores, PMáx., Potencia máxima generada por las extremidades inferiores; Sfv, balance entre la capacidad de producir fuerza y potencia; VO<sub>2máx.</sub>, volumen de oxígeno máximo (absoluto y relativo); PaVO<sub>2máx.</sub>, potencia a volumen de oxígeno máximo; F<sub>Ca</sub>VO<sub>2máx.</sub>, frecuencia cardíaca a volumen de oxígeno máximo; PaRC, potencia a umbral anaeróbico; F<sub>Ca</sub>RC, frecuencia cardíaca a umbral anaeróbico.

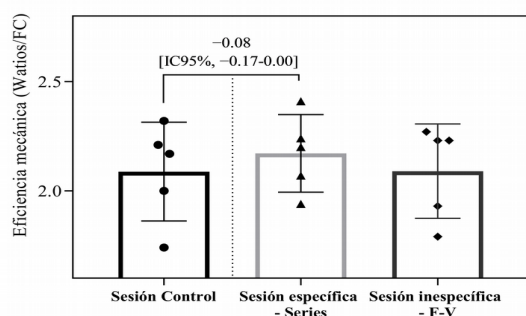
La tabla 3 muestra el análisis comparativo de los parámetros de rendimiento analizado en función de las diferentes sesiones de trabajo realizadas. Se observó una menor cadencia media en la situación de trabajo específica vs. la situación control (diferencia de medias estandarizadas = 0.68 [IC 95%, 0.20 - 1.16; d=1.74]). Además, existieron diferencias para la frecuencia cardíaca (FC) media al comparar la situación control vs. la situación inespecífica (diferencia de medias estandarizadas = 0.45 [IC 95%, 0.12 - 0.78; d=3.34]), siendo la sesión de trabajo inespecífica la que consiguió una mayor FC máxima (179.0 ± 6.63 ppm). Finalmente, la mayor potencia promedio en 5 minutos observada fue en sesión específica con unos valores de 368.6 ± 25.6 W, aunque sin diferencias significativas respecto a las otras situaciones de trabajo en el día previo a la competición analizadas. No se observaron diferencias para el resto de variables analizadas.

Tabla 3. Análisis comparativo de las puntuaciones estandarizadas (z-scores) sobre los principales parámetros de rendimiento analizados en función de las diferentes sesiones de trabajo en el día previo realizadas.

	Sesión Control		Sesión Específica		Sesión Inespecífica		Δ medias Control vs Específica [95% IC]	Δ medias Control vs Inespecífica [95% IC]	Δ medias Control vs Específica [95% IC]
	M	DE	M	DE	M	DE			
Potencia 5' (w)	-0.07	1.20	0.16	0.95	-0.09	1.06	-0.23 [-0.86 - 0.40]	0.01 [0.33]	0.24 [-0.49 - 0.98]
Potencia máx. (w)	0.19	1.26	-0.51	0.80	0.32	0.88	-0.70 [-0.69 - 2.09]	-0.14 [-2.34 - 2.06]	-0.14 [-0.76 - 0.48]
RPM	0.27	1.01	-0.41	1.03	0.14	1.05	0.68 [0.20 - 1.16]	0.13 [-0.86 - 1.12]	-0.55 [-1.17 - 0.06]
FC media (ppm)	0.24	0.95	-0.04	1.30	-0.21	0.89	0.28 [-0.54 - 1.09]	0.45 [0.12 - 0.78]	0.17 [-0.67 - 1.02]
FC máx. (ppm)	0.05	0.95	0.18	1.21	-0.24	1.01	-0.13 [-0.96 - 0.70]	0.294 [-0.37 - 0.96]	0.424 [-0.23 - 1.07]
FC post 1' (ppm)	-0.10	1.06	0.28	1.13	-0.17	0.99	-0.38 [-1.48 - 0.72]	0.071 [-0.23 - 0.38]	0.45 [-0.44 - 1.34]

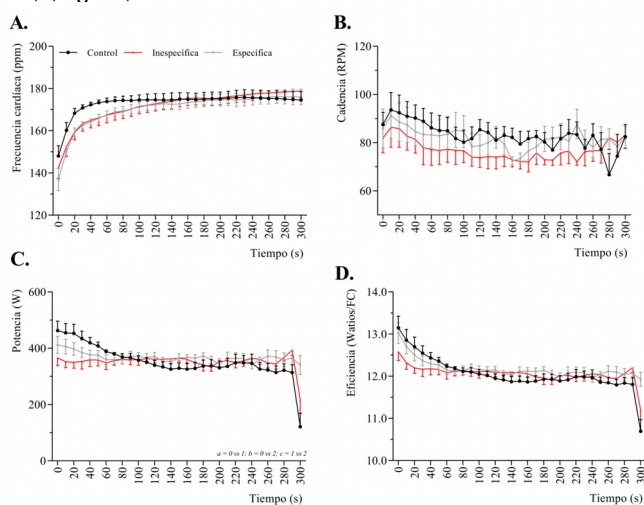
Abreviaturas: RPM, revoluciones por minuto; FC media, frecuencia cardíaca media; FC máxima, frecuencia cardíaca máxima; FC post 1', frecuencia cardíaca 1' después de la finalización del test.

La **figura 1** muestra el análisis comparativo de las puntuaciones estandarizadas (z-scores) sobre la eficiencia mecánica en función de las diferentes sesiones de trabajo realizadas. La eficiencia mecánica (potencia/pulso) fue mayor en la situación de trabajo específica vs. la situación control (diferencia de medias estandarizada =  $-0.08$  [IC 95%,  $-0.17 - 0.00$ ;  $d=1.21$ ]), observándose una tendencia a la significación entre las situaciones específica vs inespecífica.



**Figura 1.** Análisis comparativo las puntuaciones estandarizadas (z-scores) sobre la eficiencia mecánica en función de las diferentes sesiones de trabajo en el día previo realizadas.

La **figura 2** muestra los resultados referentes a las puntuaciones estandarizadas (z-scores) sobre la ejecución del test de 5 minutos all-out y las principales variables de rendimiento analizadas en los ciclistas. Se observó un aumento de la FC más acusado en los primeros 120s del test en la sesión control frente a las sesiones intervenidas (sesión control vs. específica: diferencia de medias estandarizada =  $0.91$  a  $1.32$  [IC 95%,  $0.29 - 1.99$ ;  $d=1.64$  a  $4.05$ ]; sesión control vs. inespecífica: diferencia de medias estandarizadas =  $1.85$  a  $1.20$  [IC 95%,  $0.03 - 2.34$ ;  $d=1.27$  a  $1.42$ ]) (Fig. 2A). En cuanto a la potencia, se generó una mayor producción de potencia en los primeros estadios de la prueba (los primeros 40 segundos) en sesión control que en la sesión específica e inespecífica, donde la progresión fue más constante (diferencia de medias estandarizadas =  $1.44$  a  $1.48$  [IC 95%,  $0.13 - 2.75$ ;  $d=1.20$  a  $1.39$ ]) (Fig. 2C).



**Figura 2.** Evolución diseccionada en intervalos de 10s de los parámetros frecuencia cardíaca (A), cadencia (B), potencia (C) y eficiencia (D) a lo largo de la duración de la prueba de 5 minutos all-out en las 3 sesiones de trabajo en el día previo planteadas.

## Discusión

El presente estudio pretendió evaluar el efecto la especificidad del estímulo de trabajo en el día previo a la competición sobre el rendimiento deportivo en ciclistas de MTB mediante un test de 5min all out. Los principales hallazgos del presente estudio mostraron las tres situaciones de trabajo propuestas los ciclistas obtuvieron un rendimiento similar en la mayoría de parámetros evaluados, aunque se observó una menor cadencia media y una mayor eficiencia mecánica para la sesión de trabajo específica, pudiendo ser beneficiosa para la mejora del rendimiento competitivo en ciclistas máster de MTB. Cabe destacar que la potencia desarrollada, la cadencia y la frecuencia cardíaca resultó tener valores más altos desde el inicio de la prueba hasta los 100-120s en la situación control, aunque esto no repercutió en una mayor potencia generada al final de dicha prueba en su comparación con las dos situaciones estudiadas. Finalmente, se obtuvieron resultados similares cuando se comparó un calentamiento de 6 min al 40% de la PAM frente a un calentamiento de 5 min al 40% de la PAM + 1 min al 110% de la PAM, en el que en la situación intensa no obtuvo una mayor potencia de salida<sup>19</sup>.

A pesar de que la sesión el día previo es un tema que no se ha tratado en la literatura científica, en la actualidad son diferentes las estrategias que cada atleta considera, especialmente en los momentos previos a la competición<sup>20</sup>, y que pueden ir desde el descanso pasivo,<sup>20</sup> entrenamiento en gimnasio<sup>10</sup> y/o entrenamientos de determinada duración e intensidad<sup>21</sup>. En este sentido, autores como Tomaras y Macintosh habrían descrito que un calentamiento previo a la competición (en el mismo día) que se realice a una intensidad demasiado alta durante más tiempo del necesario, podría provocar fatiga y perjudicar el rendimiento posterior.<sup>12</sup> Por el contrario, una activación insuficiente podría no culminar en un buen rendimiento en la competición posterior por la falta de especificidad entre el estímulo previo a la situación competitiva y la competición posterior<sup>21</sup>. Teniendo en cuenta ambas afirmaciones, en nuestro estudio observamos que cuando la sesión de trabajo en el día previo fue específica, se registraron diferencias para parámetros como la cadencia o la eficiencia mecánica con respecto a la situación control, a pesar de que el rendimiento general fue similar en el resto de los parámetros evaluados. En línea con lo mencionado, investigaciones previas habrían concluido que un entrenamiento de intensidad moderada justamente 24h antes podría reflejar una ventaja óptima para la mejora del rendimiento en una prueba de contrarreloj, sugiriéndose que se podría haber obtenido una ventaja al realizar ejercicio el día inmediatamente anterior a la competición<sup>22</sup>.

Recientemente, diversos estudios habrían indicado una mejora en las ganancias de fuerza en ciclistas cuando reducen la carga de entrenamiento de fuerza hacia la carga de óptima potencia frente a un trabajo de fuerza convencional<sup>17,23</sup>. Con el objetivo de igualar el grado de fatiga en las 3 situaciones, siendo una de ellas inespecífica, nuestro estudio propuso una pérdida de velocidad de un 5% con respecto al primer levantamiento para cada ejercicio de fuerza ya que, en línea con otras investigaciones, se observaron mejoras similares cuando se comparaba una reducción en la pérdida de velocidad de un 45 versus un 15%, siendo esta última la que menor fatiga residual deja a los ciclistas<sup>23</sup>. En nuestro principal hallazgo, encontramos como los sujetos obtuvieron una mayor eficiencia total en la situación específica, seguido de la inespecífica y de la situación control. Del mismo modo, otros autores hallaron que, en un estado de sobreentrenamiento, las frecuencias cardíacas máximas y submáximas pueden disminuir durante el ejercicio, mientras que la FC en reposo puede aumentar<sup>24</sup>. Esto nos hace entrever que un menor trabajo cardiaco acompañado de una mayor producción de potencia es sinónimo de un mejor rendimiento. Por tanto, considerando que uno de los

determinantes del VO<sub>2</sub>máx. es el gasto cardíaco<sup>25</sup>, y que este es el resultante del doble producto del volumen sistólico y la FC, aunque una única sesión no provocará cambios fisiológicos y/o anatómicos en el organismo del deportista, el estímulo agudo planteado en el día previo podría haber resultado en un mayor volumen sistólico a una menor FC para el mantenimiento/aumento del gasto cardíaco<sup>26</sup> y, por tanto, justificándose así los resultados de nuestra investigación, donde existió una disminución de la FC, aumentando la eficiencia mecánica.

Específicamente, cuando se analizó de manera pormenorizada los resultados correspondientes a las pruebas de 5 minutos con los diferentes protocolos en el día previo observamos que, especialmente, a lo largo de la primera parte de la prueba fue cuando existieron diferencias entre las diferentes situaciones de trabajo, concretamente al inicio de la prueba y en un intervalo de tiempo que iría desde el inicio hasta las 120 segundos. En general, y a pesar de que no se obtuvieron diferencias concretas en relación con la potencia generada por cada deportista, observamos que tras la sesión de trabajo específica en el día previo existió una mayor estabilidad en los valores de potencia generados desde el inicio de la prueba hasta el final de esta. Este suceso podría venir dado por la experiencia previa de los sujetos durante el primer test realizado en la situación control, mediado por la autorregulación del pacing como apuntan otras investigaciones<sup>27</sup>.

El presente estudio contó con diversas limitaciones. Estudios previos han encontrado algunas diferencias entre el ciclismo al aire libre y el de interior<sup>28</sup>, por lo que haber evaluado a los deportistas en laboratorio podría afectar a los resultados de esta. A pesar de que los deportistas estaban familiarizados con la escala de percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), no se utilizó esta herramienta para valorar las sensaciones que tuvieron a lo largo del desarrollo de cada una de las intervenciones con diferentes sesiones de activación. En este sentido, y tras preguntar a los deportistas después de la finalización de cada una de las intervenciones, obtuvimos que por parte de ellos habían tenido mejores sensaciones y menor fatiga con la situación de activación específica. Esto nos hace pensar que esta intervención podría haber sido significativa en caso de haber tenido un tamaño muestral superior. Finalmente, desde el punto de vista metabólico, una limitación que se tuvo en el presente estudio fue no haber evaluado el lactato de los deportistas, lo que podría haber permitido tener una variable sensible relacionada con la utilización de los sustratos durante la prueba y con la mejora en la eficiencia de estos.

### Conclusiones

En esta investigación, en las tres condiciones propuestas se obtuvo un rendimiento general similar en todos los parámetros medidos, aunque se observó una menor cadencia media y una mayor eficiencia mecánica para la sesión de trabajo específica, pudiendo ser beneficiosa para la mejora del rendimiento competitivo en ciclistas máster de MTB. Siendo ésta una investigación novedosa y piloto, se pretenden llevar a cabo futuras investigaciones que confirmen el efecto de la especificidad de la carga planificada en el día previo a la competición sobre el rendimiento competitivo posterior en ciclistas MTB. De la misma manera, sería recomendable contrastar, a través de diferentes estudios, el efecto de diferentes situaciones o condiciones de trabajo previas a la competición en términos de modos de ejercicio, intensidad, o duración sobre un mayor o menor rendimiento competitivo.

### Aplicación práctica

El presente estudio sugiere que la especificidad de la carga empleada en el día previo a la competición, con independencia de otras variables no evaluadas en el presente estudio, podría tener un impacto positivo sobre el rendimiento competitivo posterior. Los resultados de la presente investigación podrían fortalecer la idea de individualizar la carga previa a la competición y optimizar la puesta a punto del deportista. El entrenador, en contacto continuo con el deportista, debería diferenciar las características propias de éste, llegando a un consenso y analizando las demandas competitivas, el punto de forma o las condiciones ambientales en las que se desenvolverá la competición.

**Autoría.** Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no tener financiación. **Agradecimientos.** La presente investigación ha sido llevada a cabo gracias a la participación voluntaria y desinteresada de 6 ciclistas a los que se agradece su participación. Igualmente, se agradece al Centro Andaluz de Medicina Deportiva de Huelva su colaboración en la evaluación inicial de los parámetros cardiorrespiratorios de los participantes. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

### Bibliografía

1. Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5(3):276-91.
2. Stöggl T, Sperlich B. Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high-volume training. *Front Physiol.* 2014;5:33.
3. Hurst HT, Atkins S. Power output of field-based downhill mountain biking. *J Sports Sci.* 2006;24(10):1047-53.
4. Gregory J, Johns DP, Walls JT. Relative vs. absolute physiological measures as predictors of mountain bike cross-country race performance. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):17-22.
5. Impellizzeri F, Sassi A, Rodriguez-Alonso M, Mognoni P, Marcora S. Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(11):1808-13.
6. Wilber RL, Zawadzki KM, Kearney JT, Shannon MP, Disalvo D. Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(8):1090-4.
7. Stapelfeldt B, Schwirtz A, Schumacher YO, Hillebrecht M. Workload demands in mountain bike racing. *Int J Sports Med.* 2004;25(4):294-300.
8. Roig Mari J. Efecto del entrenamiento de la fuerza y su relación con el perfil de potencia en ciclismo (TFM). Máster en Entrenamiento Deportivo, Actividad Física y Salud. Universidad Ramon Llull. Barcelona, 2018.
9. Mujika I, Magunacelaya SP. Fundamentos científicos de las estrategias de puesta a punto o taper antes de las competiciones. RED: Revista de entrenamiento deportivo = Journal of Sports Training. 2014;28(3):29-37.
10. De Poli RAB, Boullousa DA, Malta ES, Behm D, Lopes VHF, Barbieri FA, et al. Cycling performance enhancement after drop jumps may be attributed to postactivation potentiation and increased anaerobic capacity. *J Strength Cond Res.* 2020;34(9):2465-75.
11. Barranco-Gil D, Alejo LB, Valenzuela PL, Gil-Cabrera J, Montalvo-Pérez A, Talavera E, et al. Warming up before a 20-minute endurance effort: is it really worth it? *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;15(7):964-70.



12. [Tomaras EK, MacIntosh BR. Less is more: standard warm-up causes fatigue and less warm-up permits greater cycling power output. J Appl Physiol \(1985\). 2011;111\(1\):228-35.](#)
13. [Sitko S, Cirer-Sastre R, Corbi F, López-Laval I. Five-minute power-based test to predict maximal oxygen consumption in road cycling. Int J Sports Physiol Perform. 2022;17\(1\):9-15.](#)
14. [Pauw KD, Roelands B, Cheung SS, Geus B de, Rietjens G, Meusen R. Guidelines to classify subject groups in sport-science research. Int J Sports Physiol Perform. 2013;8\(2\):111-22.](#)
15. [García-Ramos A, Pérez-Castilla A, Jaric S. Optimisation of applied loads when using the two-point method for assessing the force-velocity relationship during vertical jumps. Sports Biomech. 2021;20\(3\):274-89.](#)
16. [Morin JB, Samozino P. Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. Int J Sports Physiol Perform. 2016;11\(2\):267-72.](#)
17. [Gil-Cabrera J, Valenzuela PL, Alejo LB, Talavera E, Montalvo-Pérez A, Lucia A, et al. Traditional versus optimum power load training in professional cyclists: a randomized controlled trial. Int J Sports Physiol Perform. 2021;16\(4\):496-503.](#)
18. [Lenhard W, Lenhard A. Computation of effect sizes \[internet\]. unpublished; 2017 \[citado 30 de mayo de 2022\].](#)
19. [Wittekind A, Cooper CE, Elwell CE, Leung TS, Beneke R. Warm-up effects on muscle oxygenation, metabolism and sprint cycling performance. Eur J Appl Physiol. 2012;112\(8\):3129-39.](#)
20. [Lane KN, Wenger HA. Effect of selected recovery conditions on performance of repeated bouts of intermittent cycling separated by 24 hours. J Strength Cond Res. 2004;18\(4\):855-60.](#)
21. [Edwards BJ, Edwards W, Waterhouse J, Atkinson G, Reilly T. Can cycling performance in an early morning, laboratory-based cycle time-trial be improved by morning exercise the day before? Int J Sports Med \[Internet\]. 2005;26\(8\):651-6.](#)
22. [Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H, Lundby C. Superior performance improvements in elite cyclists following short-interval vs effort-matched long-interval training. The Scand J Med Sci Sports. 2020;30\(5\):849-57.](#)
23. [Sánchez-Moreno M, Rodríguez-Rosell D, Díaz-Cueli D, Pareja-Blanco F, González-Badillo JJ. Effects of velocity loss threshold within resistance training during concurrent training on endurance and strength performance. Int J Sports Physiol Perform. 2021;16.](#)
24. [Jeukendrup A, VanDiemen A. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. J Sports Sci. 1998 Jan;16 Suppl:S91-9.](#)
25. [Bassett DR Jr, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc \[Internet\]. 2000 \[citado el 6 de julio de 2023\];32\(1\):70-84.](#)
26. [Seo DY, Kwak H-B, Kim AH, Park SH, Heo JW, Kim HK, et al. Cardiac adaptation to exercise training in health and disease. Pflugers Arch \[Internet\]. 2020;472\(2\):155-68.](#)
27. [Micklewright D, Papadopoulou E, Swart J, Noakes T. Previous experience influences pacing during 20 km time trial cycling. Br J Sports Med \[Internet\]. 2010 \[citado el 5 de julio de 2023\];44\(13\):952-60.](#)
28. [Mieras ME, Heesch MWS, Slivka DR. Physiological and psychological responses to outdoor vs. laboratory cycling. J Strength Cond Res. 2014;28\(8\):2324-9.](#)



Original

## Activación muscular del hombro y dolor en nadadores infantiles

Angelina Daniela Racedo<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Instituto Superior de Educación Física, Centro Universitario Paysandú, CENUR Litoral Norte, Universidad de la República de Uruguay, Paysandú, Uruguay. Afiliación



INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 11 de noviembre de 2022, aceptado el 7 de marzo de 2023

### RESUMEN

**Objetivo:** Comparar la activación electromiográfica durante la simulación de la fase de propulsión de la brazada de nado crol con banda elástica de un grupo de nadadores con dolor y un grupo control, antes y después de entrenamiento preventivo (EP) de hombro y en la fase de desentrenamiento, en relación al dolor y a una contracción voluntaria máxima (CVM) de 11 músculos de la cintura escapular.

**Método:** Se utilizó una muestra de 12 nadadores de la categoría infantil (11 a 12 años). Fueron evaluados con cinco pruebas clínicas, cada una específica a músculo o tendón en relación al gesto deportivo. Fue utilizada una escala de dolor. Para los datos mioeléctricos fueron colocados electrodos de superficie en los 11 músculo y evaluado la CVM y el movimiento de la brazada. Los atletas realizaron en un período de diez semanas ejercicios de fortalecimiento muscular y estabilizadores de escapula, con frecuencia semanal de dos y duración de 45 min cada sesión, luego de ello se volvió a ejecutar el protocolo de evaluación nuevamente.

**Resultados:** Se constataron diferencias entre los grupos en las pruebas clínicas y en comparación a la EMG en la fase pre EP, post EP y desentrenamiento.

**Conclusión:** Los EP tuvieron efectos positivos, alteraciones en los patrones musculares y en la disminución del dolor de hombros de los atletas.

**Palabras clave:** Cintura escapular; Rendimiento; Natación.

## Shoulder muscle activation and pain in child swimmers

### ABSTRACT

**Objective:** To compare the electromyographic activation during the simulation of the propulsion phase of the crawl stroke with elastic band of a group of swimmers with pain and a control group, before and after preventive shoulder training (PT) and in the detraining phase, in relation to pain and a maximum voluntary contraction (MVC) of 11 muscles of the shoulder girdle.

**Method:** A sample of 12 swimmers from the children's category (11-12 years old). They were evaluated with five clinical tests, each one specific to muscle or tendon in relation to the sporting gesture. A pain scale was used. For myoelectric data, surface electrodes were placed over 11 muscle evaluated, was performed a MVC for each muscle and a propulsive swimming movement. The athletes performed muscle strengthening and scapula stabilizing exercises for a period of ten weeks, with a weekly frequency of two and a duration of 45 min each session, after which the evaluation protocol was performed again.

**Results:** Differences were found between groups in the clinical tests and in comparison to electromyographic activation in the pre-PT, post-PT and detraining phases.

**Conclusion:** Preventive exercises had positive effects, on muscle patterns and decreasing shoulder pain in athletes.

**Keywords:** Shoulder girdle; Performance; Swim.

## Ativação muscular do ombro e dor em crianças nadadoras

### RESUMO

**Objetivo:** Comparar a ativação eletromiográfica durante a simulação da fase de propulsão do nado crawl, fora da água, com uma faixa elástica de um grupo de nadadores com dor e um grupo controle (atletas sem dor). Antes e depois do treinamento preventivo (EP) de ombros e na fase de desentrenamento, em relação a dor e a contração voluntária máxima (CVM) de 11 músculos da cintura escapular.

**Método:** Participaram deste estudo 12 nadadoras da categoria infantil (11 a 12 anos). Foram avaliadas com cinco testes clínicos, cada um específico para

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [angiracedo08@gmail.com](mailto:angiracedo08@gmail.com) (Angelina Daniela Racedo)

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2023.07.001>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2023 Consejería de Cultura, Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

músculo ou tendão em relação ao gesto esportivo, através da escala de dor. Foram colocados sensores para a eletromiografia de superfície, foi realizada avaliação da CVM e movimento da braçada. Os atletas realizaram em um período de dez semanas os exercícios de fortalecimento muscular e estabilizadores da escápula (supervisionados por profissional), com frequência semanal de duas e duração de 45 min cada sessão, após os quais o protocolo de avaliação foi executado novamente.

**Resultados:** Foram encontradas diferenças na comparação com a eletromiografia nas fases pré-EP, pós-EP e destreinamento.

**Conclusão:** EP teve efeitos positivos, como possíveis alterações nos padrões musculares e na redução da dor no ombro em atletas infantis.

**Palavras-chave:** Cintura escapular; Rendimento; Natação.

## Introducción

El dolor de hombro es la molestia musculoesquelética más frecuente que presentan los nadadores, que puede explicarse debido a la gran variedad de movimientos requeridos para realizar la brazada: circunducción en ambos sentidos, rotaciones internas y externas, y protracción y retracción escapular.<sup>1</sup> Esto conlleva a que las lesiones de hombro en los nadadores sean más habituales con una prevalencia del 47 al 90%, y en un porcentaje entre 10 al 31% de quienes sufren esta condición se ven obligados a abandonar el entrenamiento durante algún tiempo.<sup>2</sup> El dolor de hombro que interfiere con el entrenamiento o el progreso del deportista, se conoce como el síndrome del "hombro del nadador", reconocido como el más habitual dentro de este deporte. Es "un síndrome común y doloroso de pinzamiento repetido del hombro en nadadores" como consecuencia de los continuos y diversos movimientos del brazo por encima de la cabeza, pensando que los nadadores de élite nadan entre 8000-20000 metros por día utilizando la brazada de estilo libre (crol), considerando de 8 a 10 ciclos de brazada por cada 25 metros, un nadador completa un millón de rotaciones del hombro por semana.<sup>3</sup> El dolor puede agravarse con la cantidad de entrenamiento, comenzando como un malestar después de nadar, luego iniciarse durante la práctica, y finalmente manteniéndose después del entrenamiento. Hasta que dolor afecta el progreso del atleta.<sup>4</sup> Por ello el reconocimiento temprano del síntoma y su intervención adecuada, puede llevar a que esto no suceda y así extender su vida deportiva.<sup>2</sup> Actualmente existe escasa evidencia que valore ejercicios preventivos (EP) para lesiones en el hombro de nadadores infantiles y las causas que lo subyacen. Se ha sugerido que el hombro del nadador representa una parte del complejo del síndrome de pinzamiento, tendinitis del manguito rotador, tendinitis del bíceps e inestabilidad del hombro.<sup>3</sup> En este sentido, el objetivo de este estudio fue comparar un grupo con dolor (GD) versus un grupo de control (GC) de atletas de natación infantil, en cinco pruebas clínicas además de evaluar activación electromiográfica (EMG) durante la simulación de la fase de propulsión de la brazada con banda elástica, antes y después de los ejercicios preventivos de hombro y en la fase de desentrenamiento, en relación con contracción voluntaria máxima (CVM) de 11 músculos de la cintura escapular.

## Método

### Población y muestra

Participaron 12 nadadores pertenecientes al Club Remeros Paysandú Uruguay, compuesto por ocho mujeres y cuatro varones de la categoría infantiles. De los cuales se dividieron en dos subgrupos; GD (6), y GC (6). Todos los nadadores participaron de competencias nacionales en los últimos dos años en sus categorías correspondientes. Los atletas tienen un entrenamiento semanal de 13 a 30 km, entre 5 y 7 sesiones. Todos los atletas de la categoría

infantil del club que presentaron certificado de aptitud física fueron incluidos. El criterio de exclusión fue que no participaran atletas con problemas de salud.

### Diseño experimental

El protocolo realizado incluye una intervención con ejercicios preventivos. Fueron seleccionados dos protocolos: pruebas clínicas con escala de sensación de dolor; y una valoración de actividad muscular con la contracción voluntaria máxima. Ambos protocolos se realizar antes y después de la intervención. Los atletas pasaron por 20 sesiones (de aproximadamente 45 minutos, durante 10 semanas) de ejercicios preventivos de lesión para hombro y para cintura escapular. El tiempo para la evaluación del desentrenamiento fue 12 semanas después del final de los ejercicios preventivos (intervención).

### Protocolo de evaluación de dolor

Todos los participantes fueron evaluados en cinco pruebas clínicas, siendo cada una de estas específica para un músculo o tendón. Las pruebas propuestas fueron elegidas de acuerdo con la exigencia necesaria para el gesto deportivo y los músculos evaluados son los que normalmente pueden presentar resultado positivo para el dolor en atletas de natación. Después de cada maniobra, que fue realizada por un fisioterapeuta experimentado, los participantes indicaron la presencia o ausencia de dolor de forma verbal. La medida se basa en una escala de sensación de dolor del 1 al 10, donde 0 – sin dolor y 10 – máximo dolor (es una medida de autoinforme utilizada para evaluar la intensidad del dolor de los niños).<sup>6</sup> A partir de estos resultados, los atletas se dividieron en dos grupos: grupo de dolor de hombro y grupo de control.

Pruebas clínicas: i) Hawkins-Kennedy para choque subacromial y el supraespinoso<sup>7</sup> y cuatro pruebas para determinar la ubicación de la lesión del manguito rotador: ii) El test de Gerber evalúa la integridad del músculo subescapular;<sup>8</sup> iii) Jobe evalúa el tendón del músculo supraespinoso (cuando es positivo es indicativo de tendinitis y / o rupturas);<sup>9</sup> iv) la prueba de Patte evalúa el tendón del infraespinoso;<sup>10</sup> v) la prueba de palm-up evalúa la porción larga de bíceps.<sup>11</sup>

### Protocolo de Electromiografía

Los datos de EMG fueron colectados a través del sistema de adquisición de datos Delsys®TrignoWireless de 16 canales para amplificar (x 10000), con tasa de muestreo de 2000 Hz. Para los análisis fue realizado un filtrado consistió en un filtro pasa-banda Butterworth, tercer orden, con frecuencias de corte 20 y 500 Hz. El análisis de las señales electromiográficas de la contracción voluntaria isométrica máxima de cada músculo fueron los tres segundos centrales y los recortes de las señales, cuanto a simulación de la fase subacuática de la brazada, fue de acuerdo

con la activación del músculo deltoides anterior (DA). El procesamiento implicó la rectificación de la señal y el cálculo del valor root mean square (RMS) para cada señal.

Fueron utilizados electrodos de superficie desechables para cada músculo evaluado: trapecio inferior (TI) y superior (TS), romboides (RM), infra espinal (IS), redondo mayor (ReM), dorsal ancho (LD), serrato anterior (SA), pectoral mayor porción externa (PM), deltoides anterior (DA), biceps braquial porción larga (BB), tríceps braquial porción larga (TB). Se colocaron sobre el vientre muscular, paralelo a las fibras musculares, siguiendo la preparación y posición según SENIAN.<sup>5</sup>

*Intervención: Ejercicios preventivos*

La intervención con ejercicios preventivos tuvo una duración de 12 semanas y se realizó dos veces por semana durante 50 min. En todas las sesiones, la parte inicial consistía en movilizar la cintura escapular y, al final, estirar todos los músculos implicados en los movimientos. Los ejercicios consistieron en fortalecimiento muscular con bandas elásticas y ejercicios de estabilidad escapular. La periodización se llevó a cabo (cada dos semanas) entre períodos de ejercicio. La principal variable que osciló fue la estabilidad en los movimientos, requiriendo un mayor control de la cintura escapular de los atletas. Todas las sesiones y evaluaciones fueron realizadas por un profesor de educación física y un fisioterapeuta, los cuales prepararon previamente los ejercicios (siguiendo la progresión de intensidad y duración de los ejercicios), donde luego de ello se volvió a ejecutar el protocolo de evaluación nuevamente.

*Estadística*

Los valores son presentados con estadística descriptiva, media y desviación estándar. La normalidad fue probada a través del test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad por el test de Levene. Las variables de caracterización del muestreo fueron comparados entre los grupos con el Test T para muestras independientes. El valor promedio del RMS de la activación eléctrica de los músculos fueron comparados con una ANOVA de medidas repetidas (grupos, pre EP, post EP y desentrenamiento del EP), cuando necesario fue utilizado post hoc Bonferroni. El paquete estadístico fue PSPP 1.01. El nivel de significación se estableció en p < 0,05

**Resultados**

*Características antropométricas*

Se presentan características físicas de los participantes, no presentan diferencias entre los grupos.

**Tabla 1 Resultados antropométricos**

	Grupo control (6)	Grupo con dolor (6)	P
Edad (años)	11,2 ± 0,9	11,2 ± 1,1	1,00
Masa (kg)	39,76 ± 8,96	46,44 ± 7,82	0,18
Estatura (m)	1,47 ± 0,06	1,49 ± 0,09	0,57
Envergadura (m)	1,45 ± 0,04	1,50 ± 0,10	0,19

**Tabla 2:** Resultados de las pruebas clínicas realizados para ambos hombros y grupos, en las tres instancias: Pre EP, post EP y desentrenamiento.

**Tabla 2 Resultados de pruebas clínicas**

Grupo de dolor	Grupo de dolor		
	Pre EP	Post EP	Desentrenamiento
Test Hawkins derecho	1.17 ± 0.9 *	0.15 ± 0.37 \$	1.26 ± 0.88
Test Hawkins izquierdo	0.71 ± 0.32 * †	0.30 ± 0.75 \$	1.05 ± 0.55
Test Patte derecho	0.80 ± 1.03	0.76 ± 1.53	0.5 ± 0.75
Test Patte izquierdo	1.2 ± 1.10 * †	0.15 ± 0.37 \$	0.85 ± 0.65
Test Palm up derecho	0.33 ± 0.94 *	0.30 ± 0.75	0.65 ± 0.75
Test Palm up izquierdo	0.56 ± 0.87 *	0.32 ± 0.55	0.70 ± 0.35
Test Jobe derecho	0.88 ± 0.93 *	0.92 ± 1.03	0.85 ± 0.75
Test Jobe izquierdo	1.12 ± 1.03 * †	0.34 ± 0.75 \$	0.85 ± 0.65
Test Gerber derecho	0.75 ± 0.55	0.31 ± 0.55	0.80 ± 0.85
Test Gerber izquierdo	1.05 ± 0.97 * †	0.54 ± 0.37 \$	0.95 ± 0.70

Derecho: hombro derecho; Izquierdo: hombro izquierdo. Atletas infantiles con dolor en el hombro, grupo control (sin dolor en el hombro); Pre EP: prueba clínica pre ejercicio preventivo; Post EP: prueba clínica post ejercicio preventivo; Desentrenamiento: 10 semanas sin los EP. Grupo control: sin dolor presente (resultados). \* representa una diferencia significativa entre Pre EP y Post EP; † representan una diferencia significativa entre Pre EP y desentrenamiento; \$ representan una diferencia significativa entre Post EP y desentrenamiento (P < 0.05).

*Protocolo*

Se compararon la activación EMG en las tres fases (pre EP, post EP y desentrenamiento) de los 11 músculos evaluados, normalizados por la CVM, correspondientes al hombro derecho en en ambos grupos, con dolor y control (Figura 1).

Figura 1: Comparación de las tres Fases: pre EP, post EP y desentrenamiento; GD y GC.

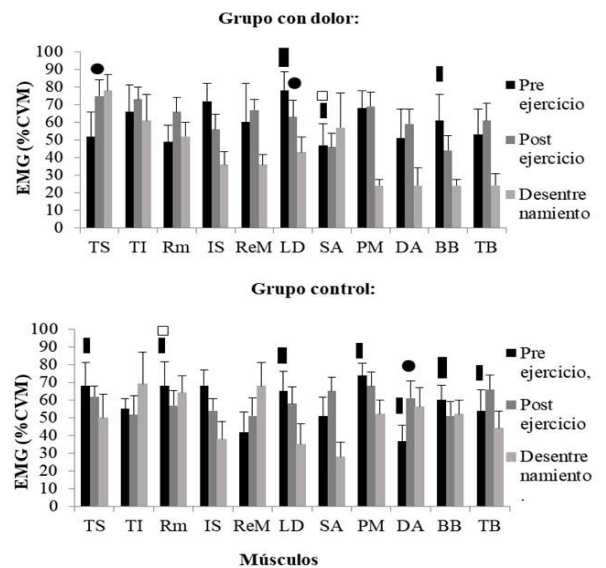


Fig.1: Los datos están presentados con estadística descriptiva media y desvío estándar. Se presenta el porcentaje de la brazada en relación a la CVM de los 11 músculos evaluados: Trapecio superior (TS), Trapecio inferior (TI), Romboides (Rm), Infra espinal (IS), Redondo mayor (ReM), Dorsal ancho (LD), Serrato anterior (SA), Pectoral mayor (PM), Deltoides anterior (DA), Biceps braquial (BB), Tríceps braquial (TB).

□ Cuadrado Blanco: Representa diferencias entre las fases de pre y desentrenamiento; Cuadrado negro: Representa diferencias entre las fases post y desentrenamiento, p < 0,05.

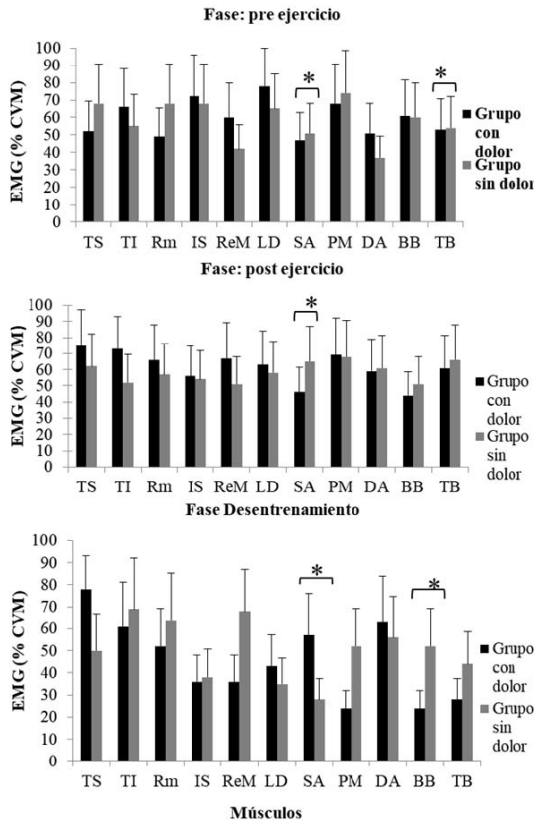


Figura 2: Los datos están presentados con estadística descriptiva media y desvío estándar: Se presenta el porcentaje de la brazada en relación a la CVM de los 11 músculos evaluados: Trapecio superior (TS), Trapecio inferior (TI), Romboideos (Rm), Infra espinal (IS), Redondo mayor (ReM), Dorsal ancho (LD), Serrato anterior (SA), Pectoral mayor (PM), Deltoides anterior (DA), Bíceps braquial (BB), Tríceps braquial (TB). \* Significa diferencia estadística entre los grupos  $p < 0,05$ .

**Discusión**

*Comparación de los test clínicos: grupo con dolor*

Los resultados de las pruebas clínicas indicaron presencia de dolor en la fase pre y desentrenamiento para el GD. En la fase post EP hubo una disminución de valores en comparación a las fases pre y desentrenamiento, indicando la ausencia de dolor para la mayoría de las pruebas excepto para el test de Jobe, que se observó un aumento en los resultados para el hombro derecho. La estructura evaluada en esta prueba es utilizada en gran intensidad y frecuencia en la natación, una posible hipótesis por el aumento del dolor debido al aumento de la carga generada por los ejercicios. En la fase post EP hubo una disminución de valores en comparación a las fases pre y desentrenamiento, indicando la ausencia de dolor para la mayoría de las pruebas excepto para el test de Jobe. Los resultados demuestran que la realización de EP de hombro fue positivo para el grupo que pasó por la intervención. Investigadores,<sup>12</sup> sugieren la puesta en práctica de programas de estiramientos y fortalecimiento muscular para mejorar el equilibrio muscular, laxitud y estabilidad de la cintura escapular, mejorando así el rendimiento deportivo.<sup>12</sup> Principalmente en el manguito rotador, ya que es un conjunto de músculos y tendones que proporcionan motricidad y estabilidad al hombro, los cuales están insertados en diferentes referencias anatómicas de los huesos que componen la cintura escapular formando una contención y estabilidad en la glenohumeral; el supraespinoso, el infraespinoso, el redondo menor y el subescapular, son los cuatro músculos que lo conforman,<sup>13</sup> la importancia de este grupo muscular radica en mantener la cabeza del húmero dentro de la cavidad glenoidea del omóplato. En la fase de desentrenamiento hubo un aumento de los valores resultantes para los test de Hawkins, Patte, Gerber, Palm-up, evidenciando el regreso del dolor.

A pesar de que los EP han demostrado elevada eficacia, no se han implementado de manera sistemática.<sup>14</sup>

*Comparación entre GD y GC en las fases: pre, post y desentrenamiento.*

En la comparación del %EMG entre grupos, el músculo SA presentó mayor activación en las fases pre EP y post EP para el GC. En la fase de desentrenamiento se distingue un aumento notable de este músculo para el GD; interpretándose de manera negativa ya que puede ser resultado de un desequilibrio muscular debido a la poca activación de las fibras que descienden la escápula, predominando la activación de las fibras ascendentes. Teniendo en cuenta la función del SA, la cual es mantener la estabilidad escapular durante la elevación del brazo.<sup>15</sup> Su parte superior la que eleva la escápula, su parte media e inferior descienden la misma girando su ángulo inferior externamente para permitir la elevación del brazo conjuntamente con el TS. El músculo TB en la fase pre EP presentó mayor activación en el GC. Esto puede deberse a que este músculo está implicado en todas las fases de la brazada subacuática; con predominio en la fase temprana del empuje, esto ocurre para estabilizar fuertemente la articulación del codo para lograr superar la fuerza de resistencia que ejerce el agua.<sup>16</sup> De esta forma, demuestra que el GC puede desarrollar de forma más eficiente el gesto en comparación al GD, quién debe realizarlo compensando con otros músculos. El nivel óptimo de fuerza y potencia muscular es esencial para nadar eficientemente, ya que está relacionado con maximizar la capacidad de generar propulsión y minimizar la resistencia del agua.<sup>16</sup>

En tanto, en la fase de desentrenamiento es notable la disminución de la activación del BB para ambos grupos, siendo el GD el que tuvo mayor disminución en comparación al GC, este músculo participa en los movimientos de flexión del antebrazo sobre el brazo y es el más potente de los músculos supinadores del antebrazo.<sup>17</sup> Esta disminución es negativa para el GD ya que indica la pérdida de entrenamiento y por tanto, el regreso del dolor. Los atletas pueden mantener, o sufrir un deterioro limitado, en su fuerza muscular durante períodos cortos de interrupción del entrenamiento.<sup>18</sup> La disminución de la activación para algunos de los músculos y aumento de dolor indican la importancia de mantener EP en atletas de natación infantiles.

*Comparación intragrupo: GD*

Los resultados generales para este grupo manifiestan que la disminución de la activación del LD en la fase post EP es positiva debido a su función de rotador interno lo que predispone a inestabilidad y desequilibrio muscular.<sup>3</sup> La disminución del SA en la fase post EP junto al aumento del TS en la fase post EP, se considera negativa para el correcto funcionamiento de la escápula, lo que puede generar desequilibrio en la articulación glenohumeral y escapulotorácica.<sup>15</sup> La disminución del BB en la fase de desentrenamiento es negativa porque está propenso a sufrir lesiones debido al periodo sin entrenamiento afuera del agua.<sup>19</sup>

**Conclusión**

A la luz de los resultados preliminares, se puede concluir que después del entrenamiento preventivo existió una disminución del dolor en los hombros y un mayor equilibrio entre los músculos estabilizadores de la cintura escapular, no siendo así en el periodo de desentrenamiento, donde se constató que el dolor y el desequilibrio en la cintura escapular retornó. Lo que puede perjudicar el desplazamiento en el agua y por consecuencia, su performance.

Esta investigación da a conocer el problema del dolor en el hombro del nadador, las causas que provoca el mismo y constata

los beneficios del ejercicio preventivo. El entrenamiento fuera del agua es importante para prevenir lesiones en el hombro de los nadadores infantiles, prolongando así su vida competitiva dentro de la natación. De acuerdo con los datos recabados en la literatura de ciencias del ejercicio, se destaca que en edades infantiles la debilidad de sus músculos de sostén y la cintura escapular provoca una reducción de la funcionalidad de toda la musculatura y a largo plazo, una sobrecarga en el sistema de sostén del movimiento.<sup>20</sup> Autores sugieren que programas de entrenamiento y mantenimiento específicos son necesarios para mantener las ganancias de fuerza en edades infantiles. La realización de EP es una medida importante para promover el desarrollo muscular.<sup>20</sup>

**Autoría.** La autora asume la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, está de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** La autora declara no tener financiación. **Agradecimientos.** Se agradece al plantel infantil del Club Remeros Paysandú, a Agustín Merello quien es el entrenador de dicho plantel y al Club Remeros Paysandú-Uruguay. **Conflicto de intereses.** La autora declara no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: La autora declara que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: La autora declara que ha seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: La autora declara que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

## Bibliografía

1. [Tovin BJ. Prevention and Treatment of Swimmer's Shoulder. N Am J Sports Phys Ther. 2006;4: 166-175.](#)
2. [McMaster W C. \(1999\). Shoulder injuries in competitive swimmers. Clin Sports Med. 2010;18\(2\), 349-359.](#)
3. [Kennedy J, Hawkins R, Krissoff W. Orthopaedic manifestations of swimming. Am J Sports Med. 1978;6:309-22.](#)
4. Fernández JC, Aravena RE, Verdugo RL, Galaz GT, Rex, FS. Análisis de la rotación interna y externa de la articulación glenohumeral y su relación con el dolor de hombro en nadadores de élite. Rev. Andal. Med. Deporte. 2010;3:92-7.
5. SENIAN: Hermens, H. J., Freriks, B., Merletti, R., Rau G., Disselhorst-Klug, C., y cols, 2013, Project Management Office. Recommendations for sensor locations on individual.
6. [Hicks CL, von Baeyer CL, Spafford PA, van Korlaar I, Goodenough B. The Faces Pain Scale-Revised: toward a common metric in pediatric pain measurement. Pain. 2001;93\(2\), 173-183.](#)
7. [Vicente Herrero MT, Delgado Bueno S, Bandrés Moyá F, Ramírez Iñiguez de la Torre MV y Capdevila García L. Valoración del dolor. Revisión comparativa de escalas y cuestionarios. Rev. Soc. Esp. Dolor. 2018;25\(4\):228-236.](#)
8. [Hermans J, Luime JJ, Meuffels DE, Reijman M, Simel DL, Bierma-Zeinstra SM. Does this patient with shoulder pain have rotator cuff disease?: The Rational Clinical Examination systematic review. JAMA. 2013;310:837-47.](#)
9. [SgROI M, Loitsch T, Reichel H, Kappe T. Diagnostic Value of Clinical Tests for Supraspinatus Tendon Tears. Arthroscopy. 2018 Aug;34\(8\):2326-2333.](#)
10. [Leroux JL, Thomas E, Bonnel F, Blotman F. Diagnostic value of clinical tests for shoulder impingement syndrome. Rev Rhum Engl Ed. 1995 Jun;62\(6\):423-8.](#)
11. [Gismervik SØ, Drogset JO, Granviken F, Rø M, Leivseth G. Physical examination tests of the shoulder: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test performance. BMC Musculoskelet Disord. 2017 Jan 25;18\(1\):41.](#)
12. [Michener LA, Walsworth MK, Doukas WC, Murphy KP. Reliability and diagnostic accuracy of 5 physical examination tests and combination of tests for subacromial impingement. Arch Phys Med Rehabil. 2009 Nov;90\(11\):1898-903.](#)
13. [McMaster WC, Roberts A, Stoddard T. A correlation between shoulder laxity and interfering pain in competitive swimmers. Am J Sports Med. 1998 Jan-Feb;26\(1\):83-6.](#)
14. Ortí López C. Valoración del rango de movimiento del hombro en nadadores de diferente categoría y sexo. Universidad Miguel Hernández. 2019. Tesis.
15. [Reinold MM, Escamilla RF, Wilk KE. Current concepts in the scientific and clinical rationale behind exercises for glenohumeral and scapulothoracic musculature. J Orthop Sports Phys Ther. 2009 Feb;39\(2\):105-17.](#)
16. [Warner JJ, Navarro RA. Serratus anterior dysfunction. Recognition and treatment. Clin Orthop Relat Res. 1998 Apr; \(349\):139-48.](#)
17. [Lauer J, Figueiredo P, Vilas-Boas JP, Fernandes R, Rouard A. Phase dependence of elbow muscle coactivation in front crawl swimming. J. Electromyogr Kinesiol. 2013;23:820-25.](#)
18. [Lubkowska W, Wiazewicz A, Eider J. The correlation between Sports result in swimming and general an special muscle strength. Journal of Education Health and Sport. 2017;7:224.](#)
19. Macía Calvo M. La patología de hombro como enfermedad profesional. Ciencia Forense. 2014;11:105-126
20. [Khazzam M, George MS, Churchill RS, Kuhn JE. Disorders of the long head of biceps tendon. J Shoulder Elbow Surg. 2012;21:136-45.](#)



# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://www.juntadeandalucia.es/deporte/ramd/>



Revisión



## Entrenamiento de equilibrio en la inestabilidad crónica de tobillo. Una revisión sistemática.

B. Gómez-Romero<sup>a</sup>, A. Alonso-Calvete<sup>a,b\*</sup>, R. Abalo-Núñez<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Fisioterapia, Universidad de Vigo.

<sup>b</sup> Grupo de Investigación REMOSS, Universidad de Vigo.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 21 de septiembre de 2022, aceptado el 17 de marzo de 2023, *online* el 10 de mayo de 2023

### RESUMEN

**Introducción:** El objetivo de este trabajo es conocer la evidencia científica de los tratamientos centrados en el equilibrio en pacientes con inestabilidad crónica de tobillo.

**Métodos:** Se realizó una revisión de la literatura científica mediante una búsqueda sistematizada en febrero de 2022 en las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, PEDro, Web of Science, y Medline.

**Resultados:** Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados en los últimos 5 años, obteniendo un total de 16 artículos para el análisis de esta revisión sistemática. La calidad metodológica fue evaluada mediante la escala PEDro. Los principales resultados obtenidos mostraron mejoras en el equilibrio estático y dinámico en comparación con el grupo control. Sin embargo, en su mayoría, se muestran diferencias poco significativas entre grupos experimentales.

**Conclusión:** Los efectos que produce el entrenamiento de equilibrio en pacientes con inestabilidad crónica de tobillo parecen ser positivos.

**Palabras clave:** Ejercicio Terapéutico; Modalidades de Fisioterapia; Inestabilidad crónica de tobillo; Ejercicio de equilibrio.

## Balance training in chronic ankle instability. A systematic review.

### ABSTRACT

**Background:** The aim of this work is to know the scientific evidence of treatments focused on balance in patients with chronic ankle instability.

**Methods:** A review of the scientific literature was carried out by means of a systematized search in February 2022 in the following databases: PubMed, Scopus, PEDro, Web of Science, and Medline.

**Results:** Randomized clinical trials in the last 5 years were included, obtaining a total of 16 articles for the analysis of this systematic review. The methodological quality was evaluated using the PEDro scale. The main results obtained showed improvements in static and dynamic balance compared to the control group. However, for the most part, insignificant differences between experimental groups were shown.

**Conclusion:** The effects of balance training in patients with chronic ankle instability appear to be positive.

**Keywords:** Therapeutic Exercise; Physical Therapy Modalities; Chronic Ankle Instability; Balance Exercises.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [alejalonso@uvigo.es](mailto:alejalonso@uvigo.es) (A. Alonso-Calvete).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2023.03.001>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2023 Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Treino de equilíbrio na instabilidade crónica do tornozelo. Uma revisão sistemática.

### RESUMO

**Introdução:** O objectivo deste estudo é descobrir as provas científicas de tratamentos centrados no equilíbrio em pacientes com instabilidade crónica do tornozelo.

**Métodos:** Foi realizada uma revisão da literatura científica através de uma pesquisa sistematizada em Fevereiro de 2022 nas seguintes bases de dados: PubMed, Scopus, PEDro, Web of Science, e Medline.

**Resultados:** Foram incluídos ensaios clínicos aleatórios nos últimos 5 anos, obtendo-se um total de 16 artigos para a análise desta revisão sistemática. A qualidade metodológica foi avaliada utilizando a escala PEDro. Os principais resultados obtidos mostraram melhorias no equilíbrio estático e dinâmico em comparação com o grupo de controlo. No entanto, na sua maioria, foram mostradas diferenças insignificantes entre os grupos experimentais.

**Conclusão:** Os efeitos do treino de equilíbrio em pacientes com instabilidade crónica do tornozelo parecem ser positivos.

**Palavras-chave:** Exercício Terapêutico; Modalidades de Fisioterapia; Instabilidade Crónica do Tornozelo; Exercícios de Equilíbrio.

### Introducción

La articulación del tobillo, debido a su configuración anatómica, es una de las más congruentes y por tanto, de las más estables de la extremidad inferior. Su correcta morfología es fundamental para el mantenimiento de la bóveda plantar<sup>1</sup>.

El esguince lateral de tobillo (ELT) es la lesión musculoesquelética más común que sufren las personas que participan en deportes y actividades físicas recreativas<sup>2</sup>. El mecanismo lesional implica la flexión plantar talocrural y la inversión subastragalina<sup>3</sup>. Se sugirieron varios factores de riesgo para los esguinces de tobillo como la hiperlaxitud generalizada, el rango de movimiento de las articulaciones, la fuerza muscular y el equilibrio o el déficit de estabilidad postural<sup>4-6</sup>. Hasta el 40 % de los pacientes con esguince lateral de tobillo desarrollan una afección conocida como inestabilidad crónica del tobillo (ICT)<sup>7-9</sup>. A mayor severidad del esguince, aumenta el índice de inestabilidad de tobillo<sup>10</sup>. Existe una incidencia más alta en el ámbito deportivo, suponiendo alrededor del 65% del total de lesiones producidas por causas deportivas, el baloncesto (20%-50%) y el fútbol (15%-30%) son las de mayor riesgo<sup>11</sup>.

La ICT se caracteriza por: disminuciones en el rango de movimiento, fuerza, control postural y patrones de movimiento alterados durante actividades funcionales<sup>12-14</sup>. Los síntomas residuales que limitan el estilo de vida son comunes de 6 a 18 meses después de un esguince de tobillo<sup>15</sup>. Además, algunas de las causas que predisponen a la ICT son ciertas deformidades previas como un retropié en varo, un mediopié cavo, una flexión plantar del primer radio, o una laxitud generalizada han mostrado jugar un cierto papel en la predisposición a la ICT<sup>16</sup>.

En cuanto a la clínica de esta patología, las razones por las que el paciente consulta más frecuentemente suelen ser, o bien una sensación de inseguridad y molestia permanente junto a alteraciones mecánicas de la articulación como bloqueos o chasquidos; o bien, puede únicamente estar asociado a episodios agudos de esguinces recurrentes, en su mayoría por mecanismos de inversión forzada de poca intensidad, que se presentan con tumefacción, dolor y la impotencia funcional propia de estos<sup>16</sup>.

Según de Vasconcelos et al.<sup>17</sup> el entrenamiento del equilibrio reduce la incidencia de esguinces de tobillo y aumenta el control neuromuscular dinámico, el balanceo postural y el sentido de la posición de las articulaciones en los atletas. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión es conocer la evidencia científica de los tratamientos centrados en el equilibrio en pacientes con ICT.

### Método

En el mes de febrero de 2022, se llevó a cabo una revisión de literatura científica en las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, PEDro, Web of Science y Medline. Se emplearon los términos *Medical Subject Heading* (MeSH): "Exercise Therapy" y

"Physical Therapy Modalities" y como descriptores: "Chronic ankle instability" y "Balance training". Para generar las diferentes ecuaciones se combinaron los términos anteriores dando lugar a las ecuaciones de búsqueda que están incluidas en la [Tabla 1](#).

**Tabla 1.** Ecuaciones de búsqueda por bases de datos.

Base de datos	Ecuación de búsqueda
PubMed	("Exercise Therapy"[Mesh]) OR "Physical Therapy Modalities"[Mesh] AND "Chronic ankle instability" AND "Balance training"
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ( <i>exercise</i> AND <i>therapy</i> ) OR TITLE-ABS-KEY ( <i>physical</i> AND <i>therapy</i> AND <i>modalities</i> ) AND TITLE-ABS-KEY ( <i>chronic</i> AND <i>ankle</i> AND <i>instability</i> ) AND TITLE-ABS-KEY ( <i>balance</i> AND <i>training</i> ) )
PEDro	"Physical therapy ankle chronic instability balance training"
Web of Science	"Physical Therapy AND Chronic ankle instability AND Balance training"
Medline	"Physical Therapy [Mesh] AND Chronic ankle instability [Mesh] AND Balance training"

MeSH: Medical Subject Heading, TITLE-ABS-KEY: Title-Abstract-Key words.

Los criterios de inclusión se limitaron a la búsqueda de estudios realizados en los últimos 5 años, desde el 2017, ya que al ser un tema muy amplio, se pretende recopilar la literatura científica más actual, como refiere Guirao-Goris et al.<sup>18</sup>. Solo se recopilaron los ensayos clínicos aleatorizados (ECAs), puesto que este tipo de estudios proporcionan una información de mayor calidad, por lo que es el diseño preferente para responder a cuestiones sobre tratamiento<sup>19</sup>. Como criterios de exclusión se eliminaron los metaanálisis, revisiones sistemáticas, artículos que no se centraron en el tema o que no cumplieran el objetivo y aquellos estudios duplicados.

En cuanto a la calidad metodológica, se analizará mediante la escala PEDro, que fue desarrollada para ayudar a los investigadores a identificar rápidamente la calidad de los ensayos que tienden y la validez estadística que tienen<sup>20</sup>.

### Resultados

En total se obtuvieron 172 resultados en las búsquedas realizadas, de los cuáles, tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión previamente señalados, se seleccionaron 16 considerados válidos para dar respuesta al objetivo planteado en esta revisión<sup>21-36</sup>. A continuación, se puede observar en el diagrama de flujo el proceso de selección de los artículos de esta revisión.

En cuanto a la calidad metodológica, los estudios presentan buena calidad según la escala PEDro, con solo un trabajo de calidad aceptable con 5 puntos<sup>35</sup> y el resto de estudios con una calidad buena, de entre 6 y 8 puntos. Los resultados específicos de cada ítem puntuado para cada estudio pueden observarse en el [Anexo 1](#).

A continuación, se muestra en tablas las características de cada estudio ([tabla 2](#)) así como los tratamientos empleados para



abordar la inestabilidad de tobillo y los resultados obtenidos (tabla 3).

Como se observa en la tabla 2 y en relación a la muestra, esta varía entre 14 y 63 pacientes. En cuanto a los criterios de inclusión, la mayoría de estudios utilizaron como criterio haber sufrido uno o más esguinces de tobillo en el último año. Otro, es experimentar la sensación de “ceder” en su tobillo lesionado, generalmente en los últimos 6 meses antes del estudio. También se utilizan varias herramientas como la de inestabilidad crónica de tobillo, conocida como *chronic ankle instability tool* (CAIT), las herramientas de medición para la habilidad de pie y tobillo en las actividades de la vida diaria o *foot and ankle ability measure* (FAAM) y su variante para el deporte o *foot and ankle ability measure-sports* (FAAM-S) y el instrumento de inestabilidad de tobillo o *ankle instability instrument* (AII). Los criterios de exclusión más repetidos en todos los estudios fueron los siguientes: cirugía previa de MMII, fractura o dislocación de MMII, esguince agudo mientras transcurría el estudio, enfermedad neurológica y trastornos vestibulares o del equilibrio y psiquiátricos.

En la tabla 3 se exponen la duración de las intervenciones, las herramientas de medidas, los tipos de tratamientos aplicados y los resultados. El periodo de entrenamiento varió según el estudio, la mitad de ellos realizaron un entrenamiento durante 4 semanas, 6 de ellos lo realizaron durante 6 semanas, uno de ellos durante 8 semanas. Todos con una frecuencia de 3 sesiones/semanas, excepto uno de ellos Steinberg et al.<sup>31</sup> que realizó un entrenamiento diario y comparó el mismo tratamiento durante 3 y 6 semanas. En cuanto a las variables medidas, las más repetidas son la capacidad de pie-tobillo, el equilibrio estático, el dinámico y diferentes pruebas subjetivas sobre la inestabilidad percibida por el paciente.

## Discusión

A continuación se procederá a comentar los resultados obtenidos de los estudios de esta revisión sistemática, centrándose en la calidad metodológica, la muestra, los criterios de inclusión/exclusión y las intervenciones y procedimientos.

Empezando con la calidad metodológica, se observa que, en su mayoría, los artículos obtuvieron buenas puntuaciones en la escala PEDro. Consta de 11 ítems, aunque solo 10 son puntuados, ya que el primer ítem no se puntúa debido a que se refiere a la validez externa del estudio. Estos ítems valoran los aspectos metodológicos críticos que pueden afectar a la validez de un ensayo clínico<sup>37</sup>. La mayoría de artículos revisados para este trabajo presentan una puntuación de 8, lo que supone una calidad muy buena, sin embargo algunos de ellos tienen una puntuación de 5/6; por lo que a la hora de analizarlos, se debe hacer con una mayor cautela<sup>37</sup>.

Como ya se mencionó el tamaño de muestra de los estudios varía entre catorce<sup>24</sup> y sesenta y tres<sup>35</sup> pacientes. Un aspecto fundamental en el diseño de estudios clínicos es la determinación del tamaño de muestra apropiado. Si el tamaño de muestra es muy pequeño, el estudio tendrá baja potencia estadística y en consecuencia, las estimaciones serán menos precisas y la probabilidad de encontrar diferencias significativas entre tratamientos o grupos será menor<sup>38</sup>. Los autores dividen la muestra en 3 grupos poblacionales: deportistas<sup>31,35</sup>, atletas recreacionales o escolares/de instituto<sup>21,26,28</sup> y personas activas físicamente<sup>23,24,32</sup>, sin embargo, varios no especificaron el tipo de pacientes<sup>22,26,27,29,30,33,34,36</sup>.

En relación a los criterios de inclusión, uno de los más utilizados por los autores es el haber sufrido un ELT en el último año<sup>22,23,28-32,34</sup>. También se usa como criterio el obtener menos de cierta puntuación en el CAIT<sup>22,23,25,30-32,34,35</sup>, además se utiliza para realizar una comparación pre-postintervención y comprobar si existen mejoras en el puntaje. Este instrumento es una

herramienta simple, válida y confiable para medir la gravedad de la inestabilidad funcional del tobillo, mide 9 ítems y tiene una puntuación máxima de 30; por lo tanto, con un puntaje bajo se indica una inestabilidad de tobillo más severa<sup>39</sup>. Además, Chang et al.<sup>35</sup> añadió 2 cuestionarios: FAAM-AVD (Actividades de la vida diaria) y FAAM-S (Deportes). Son instrumentos para cuantificar las limitaciones funcionales en pacientes con trastornos en miembros inferiores<sup>40</sup>. Este instrumento también fue utilizado por Burcal et al.<sup>24</sup>, además del instrumento de inestabilidad de tobillo (*Ankle Instability Instrument: AII*), medida de la capacidad funcional del tobillo. En lo que respecta a los cuestionarios, ninguno de ellos, por sí solo, es capaz de lograr un valor predictivo significativo. No obstante, con la combinación del CAIT y del AII se obtuvieron resultados positivos, por lo que se recomienda su utilización de forma conjunta<sup>41</sup>. Esto puede deberse al carácter subjetivo que tienen, ya que están limitados a las sensaciones y percepciones que tiene el sujeto<sup>41</sup>. En cuanto a los criterios de exclusión, cabe mencionar que Steinberg et al.<sup>31</sup> no hizo alusión en el texto a ningún criterio de exclusión.

Respecto al periodo de entrenamiento varió entre 3, 4, 6 y 8 semanas. En este sentido, en septiembre de 2018, se publicó un metaanálisis sobre la eficacia de los tratamientos empleados en la ICT<sup>42</sup>, llegando a la conclusión de que los programas terapéuticos que combinan el entrenamiento del equilibrio y el fortalecimiento muscular durante 6 semanas, resultaban los más eficaces.

En pacientes con esguince de ligamentos, el equilibrio estático se vuelve anormal debido a la deficiencia propioceptiva, por lo tanto, esta es una de las variables más importantes a la hora de ser evaluada<sup>43</sup>. Las pruebas utilizadas fueron la prueba de tiempo en equilibrio y la prueba de elevación de pie. Un estudio de 2020 expone la necesidad de evaluar el equilibrio estático, así como: los resultados informados por los pacientes, la fuerza y el rango de movimiento<sup>44</sup>. Se han demostrado relaciones significativas entre calidad de vida y el equilibrio estático y dinámico<sup>45</sup>. Esta última está relacionada con los sistemas visual, somatosensorial y vestibular<sup>46</sup>.

En relación a los estudios, el equilibrio estático mejora postintervención en comparación con el grupo control, mejorando en la estabilidad percibida por el paciente y las diferentes pruebas de equilibrio estático. Cain et al. (a)<sup>21</sup> muestran mejoras significativas en el equilibrio estático, en relación al grupo control. El grupo que utiliza bandas de resistencia en el estudio de Wright et al. (a)<sup>22</sup> obtiene mejores resultados en las pruebas de elevación de pie y tiempo en equilibrio respecto al grupo que usa la tabla de equilibrio. Cain et al. (b)<sup>32</sup> presentan que ambos grupos mejora el equilibrio estático respecto al grupo control, ya sea empleando bandas de resistencia o una plataforma de equilibrio biomecánico. Por último, Sofla et al.<sup>34</sup> indican mejores datos en este ítem en el grupo que combina vibración de todo el cuerpo con el uso de calzado inestable.

Otra variable evaluada es el equilibrio dinámico, 9 de los 16 estudios utilizan el *Star Excursion Balance Test* (SEBT)<sup>21,22,24-28,32,35</sup>. Es una prueba de equilibrio dinámico que requiere que los sujetos alcancen una pierna lo más lejos posible a lo largo de ocho líneas de dirección. Se requiere la capacidad de coordinar el centro de gravedad mientras se está de pie sobre una pierna<sup>47</sup>. En cambio, en el estudio de Sofla et al.<sup>34</sup> lo utilizan en su formato modificado.

Ninguno de los artículos le da importancia a la diferenciación de géneros en la prueba, y se debe tener en cuenta las diferencias sexuales, ya que es un factor importante para considerar cuando se utiliza por las diferencias de sexo relacionadas con el rendimiento físico<sup>6</sup>. Otro elemento al que tampoco dan importancia los estudios es la fatiga, que afecta a los marcadores del rendimiento; cambia la eficiencia de la capacidad de contracción en las fibras musculares extrafusales, lo que finalmente altera el control neuromuscular<sup>6</sup>. Por lo tanto, la fatiga podría afectar el rendimiento del SEBT. En este caso, se obtienen mejoras significativas en el SEBT, en comparación con el grupo control; mejorando la capacidad de equilibrio dinámico

postintervención. No obstante, no existen diferencias significativas entre los grupos experimentales por lo general, ya que Wright et al. (a)<sup>22</sup> obtienen una mejora más significativa en el grupo RT.

Además del CAIT, ya mencionado anteriormente, otra de las herramientas de medida empleada por varios de los autores<sup>26,29,30,33,36</sup> es el sistema Biodex, es una plataforma de equilibrio utilizada para evaluar y entrenar el equilibrio estático y dinámico y mejorar el control neuromuscular<sup>48</sup>. Se ha demostrado que el entrenamiento de equilibrio de Biodex es más efectivo para mejorar el rendimiento funcional, la estabilidad, la propiocepción y para disminuir el balanceo y el dolor en comparación con el programa de ejercicio tradicional<sup>48</sup>. Sin embargo, Maghraby et al.<sup>36</sup> combinan ambas opciones de tratamiento: utiliza el Sistema de Equilibrio Biodex y ejercicio terapéutico y lo comparan con el grupo 2 que solamente recibe tratamiento mediante ejercicio terapéutico; finalmente se confirma una mayor efectividad utilizando Biodex, ya que el grupo que combina ambos tratamientos obtiene mejoras más significativas respecto al otro grupo.

Existe una gran diversidad en los tipos de entrenamiento de equilibrio en los estudios, aunque algunos de ellos utilizan técnicas iguales o similares. Tres de ellos usaron banda de resistencia en sus protocolos<sup>22,23,32</sup>. Los dos primeros, dividieron la muestra en dos grupos experimentales, uno realiza un entrenamiento con banda de resistencia (*Resistance Tubing: RT*) y el otro, tabla de equilibrio (*Wobble board: WB*), además del grupo control. En cambio, Cain et al. (b)<sup>32</sup> compararon un grupo que realizó entrenamiento con banda de resistencia con el grupo que utilizó el sistema biomecánico de plataforma de tobillo (*Biomechanical Ankle Platform System: BAPS*), además del grupo control.

Fusco et al.<sup>49</sup> aplica en unos sujetos la prueba de equilibrio Y (que no requiere material) y en otros WB y concluye con que WB ha demostrado ser un dispositivo confiable y preciso para detectar déficits de equilibrio entre y dentro de sujetos con ICT unilateral.

Otro tipo de entrenamiento se basó exclusivamente en el uso de la tabla de equilibrio, Steinberg et al.<sup>31</sup> dividieron a los pacientes en dos grupos: el grupo 1 realizó 1 minuto de entrenamiento en tabla de equilibrio diariamente durante 3 semanas; el grupo 2 realizó el mismo entrenamiento durante 6 semanas. La agudeza de discriminación del tobillo mejoró con el tiempo para ambos grupos. En este caso, no se encontraron diferencias significativas en ambos grupos, sin embargo se expone que el entrenamiento con una tabla texturizada durante 1 minuto por día constituye una forma de ajuste fino o recalibración del sistema propioceptivo de la articulación del tobillo que puede ser necesario que sea un componente permanente de la preparación atlética para que se mantengan los efectos.

Cain et al. (a)<sup>21</sup> establecen un grupo que completó un programa de rehabilitación con *Biomechanical ankle platform system* (BAPS) progresivo y un grupo control que no realizó ningún tratamiento. El grupo intervenido obtuvo mejoras en el tiempo para todas las medidas dependientes, excepto la prueba de salto lateral. Mejoró significativamente el equilibrio estático y dinámico. El programa de rehabilitación incluía una sola herramienta simple, pero efectiva para aumentar la estabilidad estática y dinámica entre los atletas de secundaria con ICT<sup>21</sup>.

Otra de las intervenciones aplicadas es el entrenamiento mediante estrategias individuales de rehabilitación del tobillo dirigidas a los sentidos (*Sensory-targeted ankle rehabilitation strategies: STARS*). Bural et al.<sup>24</sup> dividió la muestra en dos grupos, uno lleva a cabo un protocolo de equilibrio y el otro, el mismo programa añadiendo el entrenamiento STARS. Este consiste en: estiramiento de gemelo, masaje plantar, movilizaciones y tracción de tobillo después de cada entrenamiento de equilibrio. Ambos grupos demostraron mejoras, sin diferencias significativas entre ellos. Se cree que la entrada sensorial deficiente de los receptores del ligamento del tobillo dañado contribuye a los déficits sensoriomotores en las personas con ICT, sin embargo, todavía no

ha podido ser demostrado su interés científico en la mejora concreta de variables de equilibrio<sup>50</sup>.

Por otra parte, Sierra-Guzmán et al.<sup>25</sup>, Sofla et al.<sup>34</sup> y Chang et al.<sup>35</sup> comparan diferentes protocolos de vibración con otros tratamientos. En relación con este tipo de tratamiento se utiliza este fenómeno físico ya que, el estímulo vibratorio, al ser percibido por diferentes estructuras sensoriales, estimula el sistema neuromuscular para producir una activación muscular refleja<sup>51</sup>.

Tres de los autores comparan la efectividad de protocolos de fuerza con protocolos de equilibrio: Hall et al. (a)<sup>26</sup>, Hall et al. (b)<sup>27</sup> y Youssef et al.<sup>29</sup>, todos mejoraron en alguna de las categorías evaluadas. Otro tipo de entrenamiento fue aplicado por Anguish et al.<sup>28</sup> mediante dos prácticas distintas: (1) *Progressive hop-to-stabilization balance* (PHSB) o balance progresivo de salto a estabilización, que supone una batería de ejercicios de estabilización de salto con una sola extremidad, y (2) *Single-limb balance* (SLB) o equilibrio a una pierna.

Además, en un estudio previo de Mollà-Casanova et al.<sup>52</sup> se indicó que el PHSB es más efectivo que el SLB en los protocolos de superficie inestable incluidos en el análisis. En cambio, los resultados del metaanálisis concluyeron diciendo que el entrenamiento de equilibrio logró efectos beneficiosos similares a los de los programas de entrenamiento de fuerza en el equilibrio dinámico, por lo tanto, la intervención del equilibrio no es la única opción, ya que el entrenamiento de fuerza logró resultados similares para la inestabilidad y el equilibrio dinámico<sup>52</sup>.

Por otro lado, Lee et al.<sup>30</sup>, confrontaron el ejercicio de pie corto (*Short foot exercise: SFE*), una intervención de entrenamiento del equilibrio ampliamente utilizada que se ha desarrollado recientemente para mejorar la propiocepción del tobillo y fortalecer los músculos intrínsecos del pie, con el ejercicio sensorial propioceptivo (*Proprioceptive sensory exercise: PSE*). El grupo SFE mostró mayores mejoras que PSE. Es necesario incluir un entrenamiento propioceptivo, para reducir los esguinces de tobillo y tenerlo como medio de prevención en el ámbito deportivo<sup>50</sup>.

Por último, Elsohty et al.<sup>33</sup>, ejecutaron una comparación diferente a las anteriores: uno de los grupos se sometió a una educación cruzada, es decir, un entrenamiento de equilibrio del lado no afectado. Por otra banda, el segundo grupo realizó un entrenamiento tradicional de equilibrio del lado afectado. Para estas comparaciones, no se reportaron diferencias significativas entre ambos grupos, lo que resulta llamativo por obtener resultados similares aun tratando el lado sano. Se sugiere que las mejoras encontradas en el grupo de educación cruzada fueron el resultado de la estimulación de los mecanismos de control neuromuscular mediados centralmente, responsables del mantenimiento del equilibrio y la postura.

Tal y como se ha adelantado, el esguince de tobillo y su posterior evolución a una ICT, supone una de las patologías más prevalentes en la población deportista; sin embargo, el hecho de representar una alteración funcional en la que interactúan multitud de factores, hace que todavía no exista un claro consenso científico en cuanto a los protocolos más adecuados para su manejo<sup>53</sup>. Se observa que aquellos pacientes que son tratados con una movilización temprana y un programa de rehabilitación adecuado mejoran su propiocepción, la fuerza y el rango de movimiento en comparación a aquellos que se mantienen estáticos o siguen protocolos basados en el reposo<sup>54</sup>. Según López-Valenciano et al.<sup>55</sup>: los programas de ejercicio de propiocepción, fuerza, equilibrio y pliometría, de manera aislada, provocan mejoras en diferentes variables afectadas por la ICT. Sin embargo, los programas multimodales obtuvieron más beneficios<sup>55</sup>. De modo que se recomienda la utilización de programas multimodales-multidisciplinares, para abordar más factores de riesgo implicados e incrementar la eficacia de los mismos<sup>55</sup>.

Para finalizar, este trabajo cuenta con varias limitaciones: en primer lugar, presenta una gran heterogeneidad en cuanto a las

variables y herramientas de medida y a los tipos de intervenciones, lo que dificulta la comparación de resultados. Además, el número de pacientes por muestra, en algunos casos es poco representativo. Para futuras líneas de investigación, puede ser interesante la unificación de protocolos en cuanto a la valoración. Por lo que sería necesario una mayor evidencia científica de cara a descubrir cuáles son las mejores opciones de tratamiento para esta patología. También se aconseja hacer una valoración global de diferentes capacidades (fuerza, equilibrio, flexibilidad), que permita evaluar el estado de cada individuo, y con ello optimizar el programa de rehabilitación. De esta manera, además de combinar diferentes capacidades que puedan influir en la ICT, se enfoque de forma más individual hacia los puntos débiles<sup>55</sup>.

## Conclusión

Existe una gran variedad de protocolos para mejorar el equilibrio en pacientes con inestabilidad crónica de tobillo, sin embargo, los efectos que produce el entrenamiento de equilibrio en pacientes con inestabilidad crónica de tobillo parecen ser positivos, tanto en términos de equilibrio estático como dinámico. Además, otros tipos de trabajo como el entrenamiento de fuerza parecen reportar beneficios en la mejora de la inestabilidad crónica de tobillo. Por último, el uso de la tecnología con el fin de desarrollar herramientas de valoración y tratamiento de la inestabilidad crónica de tobillo parece ser un punto determinante a la hora de obtener mejoras en su abordaje.

**Autoría.** Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no tener financiación. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas. Protección de personas y animales:** Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. **Confidencialidad:** Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. **Privacidad:** Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

## Bibliografía

1. [Voegeli AV. Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. Rev Esp Reumatol. 2003; 30\(9\): 469-77.](#)
2. [Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, Docherty CL, Fourchet F, Fong DT-P, et al. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. Br J Sports Med. 2016; 50\(24\):1496-505.](#)
3. [Chen, E. T., McInnis, K. C., & Borg-Stein, J. Ankle sprains: evaluation, rehabilitation, and prevention. Curr Sports Med. Rep. 2019; 18\(6\): 217-223.](#)
4. [Grassi A, Alexiou K, Amendola A, Moorman CT, Samuelsson K, Ayeni OR, et al. Postural stability deficit could predict ankle sprains: a systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2018; 26\(10\): 3140-55.](#)
5. [Dallinga JM, Benjaminse A, Lemmink KA. Which screening tools can predict injury to the lower extremities in team sports?: a systematic review. Sports Med. 2012;42\(9\): 791-815.](#)
6. [Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. J Athl Train. 2012; 47\(3\): 339-57.](#)
7. [Tyler M, Miklovic, Luke Donovan, Omar A. Protzruk, Matthew S. Kang & MarkA. Feger. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. Phys Sportsmed. 2018; 46\(1\): 116-122.](#)
8. [Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Recovery from a first-time lateral ankle sprain and the predictors of chronic ankle instability: A prospective cohort analysis: A prospective cohort analysis. Am J Sports Med. 2016; 44\(4\): 995-1003.](#)
9. [Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, Hertel J, Ryan J, Bleakley C. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. Sports Med. 2014; 44\(1\): 123-40.](#)
10. Galván L, Grisel, M. Prevalencia de inestabilidad crónica posterior a esguince de tobillo en pacientes atendidos en el servicio de medicina física y rehabilitación en primer nivel de atención (Tesis de postgrado). México: 2017.
11. Ampudia Garzón MP, Marjorie P. Incidencia de la inestabilidad crónica de tobillo en el personal administrativo de las unidades de salud pública en Latacunga (Tesis de licenciatura). Ecuador: 2017.
12. [Myklovic T M, Donovan L, Protzruk O, Kang MS, Feger MA. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. Phys Sportsmed. 2018. 46\(1\): 116-122.](#)
13. [Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. J Athl Train. 2002; 37\(4\): 364-75.](#)
14. [Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty CL, Fourchet F, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. J Orthop Sports Phys Ther. 2013; 43\(8\): 585-91.](#)
15. [Braun BL. Effects of ankle sprain in a general clinic population 6 to 18 months after medical evaluation. Arch Fam Med. 1999; 8\(2\): 143.](#)
16. Sánchez Monzó C, Fuertes Lanzuela M, Ballester Alfaro JJ. Inestabilidad Crónica de Tobillo. Actualización. Rev Soc Andal Traumatol Ortop. 2015. 19-29.
17. [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\(12\):1581-90.](#)
18. [Guirao-Goris JA, Olmedo A, Ferrer E. Utilidad y tipos de revisión de literatura. 2015; 9\(2\): 0-0.](#)
19. [Molina Arias, M. El ensayo clínico aleatorizado. Pediatr Aten Primaria. 2013; 15\(60\), 393-396.](#)
20. Estadísticas de [Internet]. PEDro. 2012 [citado el 18 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://pedro.org.au/spanish/learn/pedro-statistics/>
21. [Cain MS, Garceau SW, Linens SW. Effects of a 4-week biomechanical ankle platform system protocol on balance in high school athletes with chronic ankle instability. J Sport Rehabil. 2017; 26\(1\): 1-7.](#)
22. [Wright CJ, Linens SW, Cain MS. A randomized controlled trial comparing rehabilitation efficacy in chronic 1 ankle instability. J Sport Rehabil. 2017; 26\(4\), 238-249.](#)
23. [Wright CJ, Linens SW. 16 Patient-reported efficacy 6 months after a 4-week rehabilitation intervention in individuals with chronic ankle instability. Br J Sports Med. 2015; 49\(Suppl 1\): A7.1-A7.](#)
24. [Burcal CJ, Trier AY, Wikstrom EA. Balance training versus balance training with STARS in patients with chronic ankle](#)

- [instability: A randomized controlled trial. J Sport Rehabil. 2017; 26\(5\): 347-57.](#)
25. [Sierra-Guzmán R, Jiménez-Díaz F, Ramírez C, Esteban P, Abián-Vicén J. Whole-body-vibration training and balance in recreational athletes with chronic ankle instability. J Athl Train. 2018; 53\(4\): 355-63.](#)
  26. [Hall EA, Chomistek AK, Kingma JJ, Docherty CL. Balance- and strength-training protocols to improve chronic ankle instability deficits, part I: Assessing clinical outcome measures. J Athl Train. 2018; 53\(6\): 568-77.](#)
  27. [Hall EA, Chomistek AK, Kingma JJ, Docherty CL. Balance- and strength-training protocols to improve chronic ankle instability deficits, part II: Assessing patient-reported outcome measures. J Athl Train. 2018; 53\(6\): 578-83.](#)
  28. [Anguish B, Sandrey MA. Two 4-week balance-training programs for chronic ankle instability. J Athl Train. 2018; 53\(7\): 662-71.](#)
  29. [Aboelezz NMY, Abdelmohsen AM, Ashour AA, Elhafez NM, Elhafez SM. Effect of different balance training programs on postural control in chronic ankle instability: a randomized controlled trial. Acta Bioeng Biomech. 2018; 20\(2\).](#)
  30. [Lee E, Cho J, Lee S. Short-foot exercise promotes quantitative somatosensory function in ankle instability: A randomized controlled trial. Med Sci Monit. 2019; 25: 618-26.](#)
  31. [Steinberg N, Adams R, Tirosch O, Karin J, Waddington G. Effects of textured balance board training in adolescent ballet dancers with ankle pathology. J Sport Rehabil. 2019; 28\(6\): 584-92.](#)
  32. [Cain MS, Ban RJ, Chen Y-P, Geil MD, Goerger BM, Linens SW. Four-week ankle-rehabilitation programs in adolescent athletes with chronic ankle instability. J Athl Train. 2020; 55\(8\): 801-10.](#)
  33. [Elsotohy NM, Salim YE, Nassif NS, Hanafy AF. Cross-education effect of balance training program in patients with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. Injury. 2021; 52\(3\): 625-32.](#)
  34. [Sofla F, Hadadi M, Rezaei I, Azhdari N, Sobhani S. The effect of the combination of whole body vibration and shoe with an unstable surface in chronic ankle instability treatment: a randomized clinical trial. BMC Sports Sci Med Rehabilitation. 2021; 13\(1\): 28.](#)
  35. [Chang WD, Chen S, Tsou YA. Effects of whole-body vibration and balance training on female athletes with chronic ankle instability. J Clin Med. 2021; 10\(11\): 2380.](#)
  36. [Maghraby HG, Chabara AR, Abd Elrazik RK, Samir SM. Efficacy of balance training using biodex balance system on spatial and temporal gait parameters in patients with recurrent lateral ankle sprain. Gait & balance rehabilitation. Clin Anal Med. 2021; 38\(12\): 328-332.](#)
  37. [Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. Phys Ther. 2003;83\(8\):713-21.](#)
  38. [Camacho-Sandoval J. Tamaño de muestra en estudios clínicos. Acta Med Costarric. 2008; 50\(1\): 20-21.](#)
  39. [Hiller CE, Refshauge KM, Bundy AC, Herbert RD, Kilbreath SL. The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. Arch Phys Med Rehabil. 2006; 87\(9\):1235-41.](#)
  40. [Mazaheri M, Salavati M, Negahban H, Sohani SM, Taghizadeh F, Feizi A, Karim A, Parnianpour M. Reliability and validity of the Persian version of Foot and Ankle Ability Measure \(FAAM\) to measure functional limitations in patients with foot and ankle disorders. Osteoarthr. Cartil. 2010; 18\(6\), 755-759.](#)
  41. [Donahue M, Simon J, Docherty CL. Critical Review of Self-Reported Functional Ankle Instability Measures. Foot & Ankle International. 2011; 32\(12\), 1140-1146.](#)
  42. [Tsikopoulos K, Mavridis D, Georgiannos D, Cain MS. Efficacy of non-surgical interventions on dynamic balance in patients with ankle instability: A network meta-analysis. J Sci Med Sport. 2018; 21\(9\), 873-879.](#)
  43. [Akbari M, Karimi H, Farahini H, Faghihzadeh S. Balance problems after unilateral lateral ankle sprains. J Rehabil Res Dev. 2006; 43\(7\):819-24.](#)
  44. [Wikstrom EA, Mueller C, Cain MS. Lack of consensus on return-to-sport criteria following lateral ankle sprain: A systematic review of expert opinions. J Sport Rehabil. 2020; 29\(2\): 231-7.](#)
  45. [Poblete-Valderrama F, Parra-Cárdenas V, Salas-Adasme D, Ayala-García M, Cruzat-Bravo E. Relación entre calidad de vida, equilibrio estático y dinámico en adultos mayores. Rev Peru Cienc Act Fis Deporte. 2017; 4\(2\), 440-7.](#)
  46. [Nashner LM, Shumway-Cook A, Marin O. Stance posture control in select groups of children with cerebral palsy: deficits in sensory organization and muscular coordination. Exp Brain Res. 1983. 49\(3\), 393-409.](#)
  47. [Demura S, Yamada T. Proposal for a practical star excursion balance test using three trials with four directions. Sport Sci Health. 2010. 6\(1\), 1-8.](#)
  48. [Javed S, Riaz H, Saeed A, Begum R. Effects of biodex balance training on symptomatic knee osteoarthritis in Rawalpindi: A randomized control trial. J Pak Med Assoc. 2021; 71\(2\): 402-5.](#)
  49. [Fusco A, Giacotti GF, Fuchs PX, Wagner H, Varalda C, Cortis C. Wobble board balance assessment in subjects with chronic ankle instability. Gait Posture. 2019; 68: 352-6.](#)
  50. [Navarro-Najarro, DK, Gutiérrez-Huamani, O. Prevención de esguince y entrenamiento propioceptivo del tobillo en deportistas. Rev. Digit. Act. Fis. Deport. 2021; 7\(2\).](#)
  51. [Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. Exerc Sport Sci Rev. 2003; 31\(1\): 3-7.](#)
  52. [Mollà-Casanova S, Inglés M, Serra-Añó P. Effects of balance training on functionality, ankle instability, and dynamic balance outcomes in people with chronic ankle instability: Systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil. 2021; 35\(12\): 1694-709.](#)
  53. [Pereiro Fernández A. Efecto del vendaje propioceptivo subastragalino en combinación con un programa de ejercicio excéntrico en baloncestistas con inestabilidad crónica de tobillo \(Tesis de fin de grado\). A Coruña: 2019.](#)
  54. [Ardèvol J, Bolívar I, Belda V, Argilaga S. Treatment of complete rupture of the lateral ligaments of the ankle: a randomized clinical trial comparing cast immobilization with functional treatment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2002 ;10\(6\): 371-7.](#)
  55. [López-Valenciano A, García-Mena A., Prat-Luri A. Intervenciones basadas en el ejercicio físico para individuos con inestabilidad crónica de tobillo: una revisión sistemática. Actividad física y deporte: ciencia y profesión. 2020. 28: 31-53.](#)

**Anexo 1. Puntuación específica en la escala PEDro.**

Autores	Total Escala PEDro	Cr 1	Cr 2	Cr 3	Cr 4	Cr 5	Cr 6	Cr 7	Cr 8	Cr 9	Cr 10
Cain et al. (a) <sup>21</sup>	8	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Wright et al. (a) <sup>22</sup>	7	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
Wright et al. (b) <sup>23</sup>	6	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
Burcal et al. <sup>24</sup>	6	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
Sierra-Guzmán et al. <sup>25</sup>	8	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Hall et al. (a) <sup>26</sup>	6	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Hall et al. (b) <sup>27</sup>	8	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Anguish et al. <sup>28</sup>	8	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
Youssef et al. <sup>29</sup>	8	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Lee et al. <sup>30</sup>	8	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Steinberg et al. <sup>31</sup>	6	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Cain et al. (b) <sup>32</sup>	8	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Elsotohy et al. <sup>33</sup>	6	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
Sofla et al. <sup>34</sup>	8	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Chang et al. <sup>35</sup>	5	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0
Maghraby et al. <sup>36</sup>	8	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1

Cr 1: Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos). Cr 2: La asignación fue oculta. Cr 3 Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes. Cr 4: Todos los sujetos fueron cegados. Cr 5: Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados. Cr 6: Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados. Cr 7: Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos. Cr 8: Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar". Cr 9: Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave. Cr 10: El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

**Tabla 2.** Características de los estudios analizados.

Autores	Muestra	Grupos	Tipo de pacientes	Pérdidas	Edad	Criterios inclusión/exclusión
Cain et al. (a) <sup>21</sup>	22 (11h + 11m)	G1: 11 (4h + 7m) GC: 11 (7h + 4m)	Atletas de instituto	0	G1: 16,45 ± 0,93 GC: 16,55 ± 1,29	IN: 2 o más esguinces de tobillo (inversión) moderados en el mismo tobillo que requiere intervención médica y episodios de "ceder". EX: procedimiento quirúrgico en el tobillo, fractura, signo/síntomas agudos de esguince de tobillo, o trastorno del equilibrio.
Wright et al. (a) <sup>22</sup>	55-15=40	G1: 20 G2: 20	No lo indica	15	-	IN: ≥1 esguince de tobillo en inversión (hace seis meses de eficacia de la rehabilitación ICT). Más de 1 año antes de la inscripción en el estudio. Tienen que autoinformar de episodios recurrentes de ceder y tener en CAIT ≤ 25,30. EX: fractura o cirugía en el lado afecto de MI, o si participaron en menos de 1,5 horas de ejercicio físico de moderado a vigoroso actividad por semana y síntoma agudo de menor lesión musculoesquelética del MI.
Wright et al. (b) <sup>23</sup>	21-7=14 (2h + 12m)	G1: 7 G2: 7	Fisicamente activos	7	19,6 ± 0,9	IN: ≥1 esguince de tobillo en inversión (hace seis meses de eficacia de la rehabilitación ICT). Más de 1 año antes de la inscripción en el estudio. Tienen que autoinformar de episodios recurrentes de ceder y tener en CAIT ≤ 25,30. EX: fractura o cirugía en el lado afecto de MI, o si participaron en menos de 1,5 horas de ejercicio físico de moderado a vigoroso actividad por semana y síntoma agudo de menor lesión musculoesquelética del MI.
Burcal et al. <sup>24</sup>	24-10=14	G1: 12-5=7 G2: 12-5=7	Fisicamente activos	10	21,3 ± 2,0	IN: ≥ 2 ELTs; ≥ 1 episodio de ceder en los últimos 3 meses; respondió + de 4 preguntas "sí" en el AII; ≤ 90% en el FAAM; y ≤ 80% en el FAAM-S. EX: problemas de equilibrio y visión, extremidades inferiores agudas y lesiones de cabeza (<6 semanas), afecciones musculoesqueléticas crónicas que afectan el equilibrio y cirugía de tobillo.
Sierra-Guzmán et al. <sup>25</sup>	71-21=50 (33h + 17m)	G1: 11h + 6m G2: 10h + 6m GC: 12h + 5m	Atletas recreacionales	21	G1: 22,4 ± 2,6 G2: 21,8 ± 2,1 GC: 23,6 ± 3,4	IN: ≥ 1 esguince importante de tobillo (más reciente + de 3 meses antes de la inscripción al estudio), 2 o más episodios de tobillo "dando paso" en los 6 meses previos al estudio, y ≤ 24 en la versión española del CAIT. EX: cirugía previa en las estructuras musculoesqueléticas MMII; fractura de MMII o lesión musculoesquelética aguda en MMII en los 3 meses anteriores al estudio.
Hall et al. (a) <sup>26</sup>	50-3=47 47-8=39 (21h + 18m)	G1: 17-4=13 (7h + 6m) G2: 16-3=13 (8h + 5m) GC: 14-1=13 (6h + 7m)	No lo indica	G1: 4 G2: 3 GC: 1	G1: 23,5 ± 6,5 G2: 24,6 ± 7,7 GC: 24,8 ± 9	IN: ≥ 1 esguince tobillo, episodios de "ceder", esguince recurrente/sentimientos de inestabilidad" (6 meses anteriores al estudio). ≥ 11 en IdFAI. EX: lesión aguda en MMII en los 3 meses anteriores al estudio; rehabilitación formal en los 3 meses antes; antecedentes de cirugía o fractura en MMII; o disfunción neurológica.
Hall et al. (b) <sup>27</sup>	39 (21h + 18m)	G1: 13 (7h + 6m) G2: 13 (8h + 5m) GC: 13 (6h + 7m)	No lo indica	0	G1: 23,5 ± 6,5 G2: 24,6 ± 7,7 GC: 24,8 ± 9	IN: ≥ 1 esguince importante de tobillo, múltiples episodios de "ceder", esguince recurrente y "sentimientos de inestabilidad" en los 6 meses anteriores al estudio. ≥ 11 en IdFAI. EX: lesión aguda en MMII en los 3 meses anteriores al estudio; rehabilitación formal en los 3 meses antes; cirugía o fractura en MMII; o disfunción neurológica.
Anguish et al. <sup>28</sup>	18 (16h + 2m)	G1: 9 G2: 9	Atletas escolares o recreativos	0	18,38 ± 1,81	IN: ≥ 1 esguince de tobillo, hace más de 1 año antes del estudio, y déficits funcionales autoinformados en el Instrumento de inestabilidad del tobillo y una sensación de "ceder" (≥ 2 episodios en los 6 meses anteriores al estudio). EX: lesión de MMII (incluido un esguince de tobillo), en las 6 semanas previas al estudio o cirugía en MMII que involucra el tobillo/trastornos del equilibrio.
Youssef et al. <sup>29</sup>	35m	G1: 13 G2: 12 GC: 11-1=10	No lo indica	1	21,6 ± 1,6	IN: ≥ 1 esguince de tobillo y el inicial al menos 12 meses antes de matricularse, la lesión más reciente debe haber ocurrido hace + de tres meses antes de la inscripción, historial de ceder y/o sensación de inestabilidad. EX: cirugías previas/fracturas en MMII, lesión aguda de MMII. Cajón anterior/prueba de inclinación + y déficit de equilibrio (trastornos vestibulares).
Lee et al. <sup>30</sup>	73-43=30 (15h + 15m)	G1: 15 (7h + 8m) G2: 15 (8h + 7m)	No lo indica	43	19-29 años	IN: primer esguince de tobillo más de 1 año antes de la prueba; < 24 en CAIT; no esguince de tobillo (6 semanas post. al inicio) y ≥ 2 esguinces (último mes). EX: cirugía de MMII; terapia del MI afectado (mes anterior) y trastornos psiquiátricos.
Steinberg et al. <sup>31</sup>	42 (16h + 26m)	G1: 21 G2: 21	Baillarines de ballet	0	14-18 años	IN: completar el CAIT e informar sobre antecedentes de esguince previo de tobillo ocurrido en los últimos 2 años. Que identificaran su apoyo dominante y luego fueron probados en su pierna no dominante.
Cain et al. (b) <sup>32</sup>	55-12=43 (20h + 23m)	G1: 12 (5h + 7m) G2: 10 (8h + 2m) G3: 10 (3h + 7m) GC: 11 (4h + 7m)	5 horas de actividad moderada por semana	12	16,37 ± 1	IN: ≥ 1 esguince de tobillo, episodios repetidos de ceder y CAIT ≤ 25. EX: diagnosticado de lesión en MMII en los 3 meses anteriores con síntomas presentes en el tiempo del estudio o un esguince agudo de tobillo en las 6 semanas antes del estudio, cirugía previa de MIII, antecedentes de fractura de tobillo.
Elsotohy et al. <sup>33</sup>	32m	G1: 11 G2: 11 GC: 10	No lo indica	0	G1: 20,72 ± 1,6 G2: 20,70 ± 1,15 GC: 21,45 ± 2,11	IN: ≥ esguince de tobillo (inicial hace + de 1 año antes del estudio), sensación de "ceder" (≥ 2 episodios en los últimos 6 meses antes del estudio), y ≥ 2 respuestas "sí" a las preguntas Instrumento de inestabilidad de tobillo modificado (MAII). EX: cirugías previas/fracturas en MMII, lesión aguda de MI en 3 meses anteriores. Déficit de equilibrio (trastornos visuales/vestibulares), neuropatías, diabetes, inestabilidad bilateral de tobillo y cajón anterior/inclinación talar +.
Sofla et al. <sup>34</sup>	107-62=45 45-11=34	G1: 15-3=12 (4h + 8m) G2: 15-3=12 (4h + 8m) GC: 15-5=10 (5h + 5m)	No lo indica	0	G1: 40,58 (8,76) G2: 35,83 (12,08) GC: 38,40 (10,49)	IN: ≥ esguince de tobillo (12 meses antes del estudio), tobillo que cede y/o esguinces de tobillo recurrentes (al menos dos episodios 6 meses antes del estudio), CAIT < 24, y < 90% en FAAM y < 80% en FAAM-S. EX: cirugía previa en MMII, de fractura MMII, lesión aguda en otras articulaciones de MMII, contraindicación de uso de WBV y enfermedades con problemas de equilibrio.
Chang et al. <sup>35</sup>	72-9=63m	G1: 21 G2: 21 GC: 21	Jugadoras baloncesto y voleibol femenino	9	G1: 20,31 ± 1,28 G2: 20,43 ± 1,25 GC: 21,23 ± 1,47	IN: ≥ esguince de tobillo, inestabilidad lateral del tobillo de la pierna dominante ≤ 24 en CAIT. Y una sensación continua de que el tobillo "cede" después de 1 año. EX: esguince agudo de tobillo, cirugía MMII y lesión de MMII.
Maghraby et al. <sup>36</sup>	50	G1: 25 (5h + 20m) G2: 25 (5h + 20m)	No lo indica	0	G1: 26,72 ± 5,89 G2: 24,92 ± 6,66	IN: ELT recurrente unidireccional crónico. Antecedentes de trauma por inversión. EX: daño musculoesquelético previo/operación en MI/columna lumbar. Esguince del medial o interóseo ligamentos del tobillo, fractura concomitante, daños en los nervios MMII.

AII: Ankle instability instrument, CAIT: Chronic ankle instability tool, ELT: Esguince lateral de tobillo, EX: Exclusión, FAAM: Foot and ankle ability measure, FAAM-S: Foot and ankle ability measure-Sport, G1: Grupo 1, G2: Grupo 2, GC: Grupo control, H: Hombres, IdFAI: Identification of functional ankle instability questionnaire, IN: Inclusión, M: Mujeres, MAII: Modified ankle instability instrument, MMII: Miembros inferiores, WBV: Whole body vibration.

**Tabla 3.** Características de los estudios.

Autores	Intervención/Técnicas	Duración	Medidas	Herramientas	Resultados
Cain et al. (a) <sup>21</sup>	G1: con su tobillo inestable sobre el tablero BAPS, círculos en sentido horario/anti. (cambiando cada 10"). 5 ensayos de 40" + 1' de descanso. GC: nada.	4 semanas. 3 días/semana.	1.Laxitud ligamento del tobillo. 2,3.Pruebas de equilibrio estático. 4,5.Pruebas de equilibrio dinámico.	1.Cajón anterior y pruebas inclinación astrágalo. 2.Prueba de tiempo en equilibrio. 3.Elevación del pie. 4.SEPT. 5.Prueba salto lateral forma contrapesada.	G1 mejoró el rendimiento en la prueba posterior, GC no lo hizo (P < 0,05). Efectos principales significativos para el tiempo para todas las medidas dependientes (P < 0,05) excepto para la prueba de salto lateral (P = 0,067). Efecto principal significativo para el grupo para todas las medidas dependientes (P < 0,05) menos prueba de elevación del pie (P = 0,178). G1 mejoró significativamente el equilibrio estático (tiempo en equilibrio y elevación del pie) y el dinámico (SEBT y el salto lateral).
Wright et al. (a) <sup>22</sup>	G1: RT. 5 series de 40" de rotaciones en sentido horario/anti. G2: WB. Tubos de Theraband en cuatro direcciones. GC: nada.	4 semanas. 3 sesiones/semana = 12 sesiones (aproximadamente 5').	1.Laxitud ligamento del tobillo. 2.Capacidad pie-tobillo. 3.ICT. 4.Limitación subjetiva 5.Calidad de vida-salud. 6,7.Equilibrio estático. 8-10.Equilibrio dinámico.	1.Cajón anterior y pruebas inclinación astrágalo. 2.FAAM y Sport. 3.CAIT. 4.GRF. 5.SF-36. 6.Tiempo equilibrio. 7.Elevación del pie. 8.SEPT. 9.Salto en 8. 10.Salto lateral.	Mejoras moderadas FAAM-Sport en ambos grupos, solo WB mejoró en la FAAM. CAIT: mejoró 3.2 con RT (G1) y 5,7 con WB (G2). GRF tenía una gran variabilidad (no confiar en esta medida), SF36 mejoró 3.2 en RT y 2.8 con WB. Prueba de elevación del pie, mejora del 28,2% en RT y 30,6% en WB. Prueba tiempo en equilibrio 26,0% en RT y 22,0% en WB. SEBT aumentos en la distancia de 8,7% en RT y 5,1% en WB. Ambos mejoraron su estabilidad subjetiva.(23-39%) durante las dos tareas de salto.
Wright et al. (b) <sup>23</sup>	G1: RT. 5 series de 40" de rotaciones en sentido horario/antihorario. G2: WB. Tubos de Theraband. GC: nada.	4 semanas y seguimiento de 6 meses. 3 veces/sem.	1.Laxitud tobillo. 2.ICT. 3.Limitación subjetiva. 4.Valoración global función-cambio.	1.Cajón anterior y pruebas inclinación astrágalo. 2.CAIT. 3.GRF. 4.GRC.	Si existen mejoras en GRF y GRC a los 6 meses, aunque GRF no cambió significativamente entre inmediatamente postintervención. Disminuyó el número total de participantes con episodios de ceder a 43% y su frecuencia. Sin embargo, un 21,4 % todavía experimentaron esguinces de tobillo.
Burcal et al. <sup>24</sup>	G1: protocolo de equilibrio (BT). G2: protocolo de equilibrio + tratamiento de STARS (BTS) (5').	4 semanas. 3 sesiones de 20'/semana=12 sesiones.	1.Capacidad de pie-tobillo actividades de la vida diaria/deporte. 2,3.Pruebas de equilibrio. 4.Control postural. estático.	1.FAAM y FAAM-S. 2.SEPT. 3.Tiempo en equilibrio a una pierna. 4.Plataforma de fuerza Accusway Plus.	No se identificaron diferencias significativas entre los grupos (P > 0,10). Ambos grupos demostraron mejoras en todas las categorías de resultados después de las intervenciones (P < 0,10), muchas de las cuales se mantuvieron 1 semana después de la prueba (P < 0,10). El grupo BTS superó el cambio mínimo detectable para los resultados de tiempo hasta el límite.
Sierra-Guzmán et al. <sup>25</sup>	G1: VIB. Entrenamiento de equilibrio unilateral en un bosu en plataforma vibratoria. G2: NVIB. Entrenamiento de equilibrio unilateral en un bosu en suelo.	3 veces/semanas durante 6 semanas.	1,2.Equilibrio. 3.Composición corporal.	1.Sistema de Equilibrio Biodex . 2.SEPT. 3.Absorciometría de rayos X de energía dual.	Mejoras en el Sistema de Equilibrio Biodex en el Índice de Estabilidad General (P = 0,01) y el Índice de Estabilidad Anterior-Posterior (P = 0,03) en el grupo VIB. Mejor rendimiento en las direcciones medial (P = 0,008) y posterolateral (P = 0,04) y puntuación compuesta de la SEBT en el grupo VIB (P = 0,01) y en las direcciones medial (P < 0,001), posteromedial (P = 0,002) y posterolateral (P = 0,03) y puntuación compuesta de la SEBT en el grupo NVIB (P < 0,001).
Hall et al. (a) <sup>26</sup>	G1: BTP. G2: STP. GC: entrenamiento de bicicleta de leve a moderadamente extenuante.	20 mins, 3 veces semana, 6 semanas.	1.Pruebas de fuerza. 2,3.Pruebas de equilibrio. 4.Prueba de salto.	1.Prueba de fuerza. 2.BESS. 3.SEPT. 4.Prueba salto lateral.	Mejoras en G1 y G2 en inversión concéntrica y excéntrica y flexión plantar concéntrica y excéntrica y BESS, SEBT y salto lateral (todos P = 0,001). STP mejoró en la eversión excéntrica. GC no mejoró en ninguna variable dependiente.
Hall et al. (b) <sup>27</sup>	G1: BTP. G2: STP. GC: entrenamiento bicicleta.	20', 3 sesiones/semana. 6 semanas.	1,2.Disminución de la calidad de vida. 3.Funcionalidad tobillo. 4.Inestabilidad tobillo subjetiva.	1.Discapacidad. 2.Cuestionario miedo-evitación. 3.Capacidad de pie, tobillo. 4.EVA.	Todos los grupos mejoraron en las puntuaciones del cuestionario de Disminución de la calidad de vida relacionada con la salud global y regional. El grupo de equilibrio resultó en mejoras significativas en los cuestionarios tanto globales como regionales.
Anguish et al. <sup>28</sup>	G1: programa de equilibrio progresivo de salto a estabilización. G2: entrenamiento de equilibrio a una pierna.	3 sesiones/semana, 4 semanas.	1.Capacidad de pie-tobillo en actividades de vida diaria/deporte. 2.Equilibrio dinámico. 3.Sentido posición articular con soporte de peso.	1.FAAM, FAAM-S. 2.SEPT. 3.JPS.	Un efecto principal significativo del tiempo estuvo presente para FAAM-Activities of Daily Living, FAAM-Sports, SEBT direcciones anterior, posteromedial y posterolateral) y JPS (dorsiflexión, flexión plantar, inversión), a medida que mejoraron los resultados posteriores a la prueba. para los grupos PHSB y SLB. El efecto principal fue significativo solo para FAAM-S, con el grupo SLB mayores mejoras.
Youssef et al. <sup>29</sup>	G1: ejercicio con pesas para un mejor equilibrio (WEBB). G2: entrenamiento de equilibrio unilateral. GC: nada.	3 sesiones/semana, 4 semanas.	1-3.Equilibrio dinámico y control postural (medidas con el Sistema de equilibrio Biodex.	1.Índice estabilidad general. 2.Índice estabilidad antero-posterior. 3.Índice estabilidad medio-lateral.	Hay una mejora significativa en la prueba posterior de valores medios de OASI y APSI en el G1 en comparación con el grupo control. Ahí también hubo una mejora significativa (efecto medio tamaño) en los valores medios posteriores a la prueba de las variables en el G2 en comparación con el GC. No hubo diferencias significativas en el valor medio posterior entre G1 y G2.
Lee et al. <sup>30</sup>	G1: ejercicio de pie corto (SFE). G2: Ejercicio sensorial propioceptivo (PSE).	3 sesiones/semana, 8 semanas.	1,2.Función somatosensorial. 3.Equilibrio dinámico. 4.Cuestionario de inestabilidad de tobillo.	1.Sentido de la posición de la articulación (Biodex). 2.Umbral vibración. 3.Biodex. 4.CAIT.	El grupo SFE mostró una mejora más significativa con respecto al sentido de la posición de la articulación en eversión (P < 0,05), umbral sensorial de vibración (P < 0,01) e índice de equilibrio (antero-posterior, mediolateral y global), el grupo SFE una mejora más significativa (P < 0,05). Por lo tanto, SFE muestra mejoras más significativas.
Steinberg et al. <sup>31</sup>	G1: entrenamiento equilibrio tabla texturizada 3 semanas. G2: entrenamiento equilibrio en tabla texturizada 6 semanas.	1' diario durante 3/6 semanas.	1.Cuestionario ICT. 2.ELT previos últimos 2 años. 3.Discriminación inversión activa de tobillo.	1.CAIT. 2.PAS. 3.AMEDA.	Las puntuaciones de agudeza de discriminación de tobillo mejoraron con el tiempo para ambos grupos, con disminución del rendimiento asociada al cese temprano del entrenamiento para G1 (P < 0,04). No diferencias significativas en los puntajes de prueba entre los bailarines con y sin ICT.

Autores	Intervención/Técnicas	Duración	Medidas	Herramientas	Resultados
Cain et al. (b) <sup>32</sup>	G1: banda de resistencia. G2: sistema biomecánico de plataforma de tobillo. G3: combinación de ambas. GC: nada	3 sesiones/semana, 4 semanas.	1-5.Pruebas de equilibrio. 6.Capacidad de pie y tobillo en actividades de la vida diaria. 7.Cuestionario inestabilidad tobillo.	1.Tiempo en equilibrio. 2.Elevación de pie. 3.SEPT. 4.Salto lateral. 5.Salto en foma de 8. 6.FAAM. 7.CAIT.	Efectos principales de tiempo univariados (valores de P = 0,05) (- prueba de tiempo en equilibrio y SEBT en la dirección anterior (P = 0,10). La diferencia de cada grupo en comparación con el grupo control se vio respaldada por tamaños de efecto de pequeños a grandes para el equilibrio estático y dinámico, tamaños de efecto moderados a grandes para el rendimiento funcional.
Elsotogy et al. <sup>33</sup>	G1: educación cruzada, entrenamiento de equilibrio (lado no afecto). G2: entrenamiento equilibrio (lado afecto). GC: nada.	3 sesiones/semana, 6 semanas.	1-3.Equilibrio dinámico (Sistema de equilibrio Biodex). 4.Control postural.	1.OASI. 2.APSI. 3.MLSI. 4.Bipedestación unilateral pierna afectada.	Mejoras significativas en la media valores del OASI, APSI y MLSI (P < .05) tanto en el G1, como G2.No hubo diferencia significativa (P > .05) entre los valores medios antes y después del entrenamiento del OASI, MLSI y APSI en el GC.
Sofla et al. <sup>34</sup>	G1: vibración de todo el cuerpo (WBV). G2: vibración de todo el cuerpo + entrenamiento con calzado de superficie inestable (WBV-S). GC: nada.	4 semanas.	1.Equilibrio dinámico. 2.Control y equilibrio. 3.Fuerza y posición articular con dinamómetro.	1.SEPT modificado. 2.Prueba de salto. 3.Fuerza muscular. 4.Sentido de la posición articular.	Interacción significativa grupo por tiempo para las direcciones anterior y posterolateral de mSEBT. La distancia alcance aumentó significativamente en comparación con la preintervención en WBV y WBV-S, pero no en GC. La prueba de salto en el grupo WBV-S fue significativamente mayor después de la intervención.
Chang et al. <sup>35</sup>	G1: vibración de todo el cuerpo (WBV). Con plataforma de vibración. G2: entrenamiento de equilibrio (pelota). GC: nada.	6 semanas.	1.Equilibrio dinámico. 2.Sentido de la posición de la articulación. 3.Fuerza muscular.	1.SEPT. 2.Test del sentido de la posición de la articulación. 3.Fuerza isocinética (dinamómetro).	Grupos experimentales: tamaños de efecto muy pequeños para CAI en el SEBT, la prueba de sentido de posición articular y la prueba de fuerza isocinética; además, se mejoraron COM y ECC a una inversión de tobillo de 30°/s. No observamos diferencias en variables entre programas.
Maghraby et al. <sup>36</sup>	G1: entrenamiento con Biodex + ejercicio terapéutico G2: ejercicio terapéutico.	3 sesiones de 30'/semana. 6 sem.	1.Análisis de marcha-función pie. 2.Equilibrio estático y dinámico.	1.Análisis de pies descalzos (Walkway). 2.Sistema Biodex.	Interacción significativa de tratamiento y tiempo (P = 0.001). Efecto significativo tiempo (P = 0,001). Aumento significativo en la longitud del paso y zancada, y tiempo de apoyo G1 (P < 0,01).

APSI: Índice de estabilidad antero-posterior; BESS: Balance Error Scoring System, BT/BTP: Balance training/Balance training program, BTS: Balance Training STARS, CAIT: Chronic ankle instability tool, CON: Concentric contraction, ECC: Eccentric contraction, EVA: escala visual analógica, FAAM: Foot and ankle ability measure, FAAM-S: Foot and ankle ability measure-Sport, G1: Grupo 1, G2: Grupo 2, GC: Grupo control, GRC: Valoración global del cambio, GRF: Valoración global de la función, JPS: Joint position sense, MINS: minutos, MLSI: Índice de estabilidad medio-lateral, MSEBT: Modified star excursion balance Test, NVIB: Non-vibration, OASI: Índice de estabilidad general, P: Probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta, PHSB: Progressive hop-to-stabilization balance, PSE: Proprioceptive sensory exercise, RT: Resistance Tubing, SEBT: Star excursion balance test, SEM: semana, SFE: Short foot exercise, SF-36: Short Form 36 Health Survey, SLB: Single-limb balance, STARS: Treatments of individual sensory-targeted ankle rehabilitation strategies, STP: Strength training protocol, SUBJ: subjetiva, VIB: Vibration, WB: Wobble board, WBV: Whole body vibration, WEBB: Weight-bearing exercise for better balance.





# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://www.juntadeandalucia.es/deporte/ramd/>



Revisão

## Relações entre aptidão cardiorrespiratória, tempo de tela e obesidade em escolares: uma revisão sistemática



A. Rosso-Lehnhard<sup>a,b\*</sup>, L. Schneiders<sup>a</sup>, C. Reuter<sup>a</sup>, S. Rech-Franke<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Promoção da Saúde, Universidade de Santa Cruz do Sul - RS/Brasil

<sup>b</sup> Curso de Educação Física, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - RS/Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO: Recebido 22 abril 2021, aceite a 14 abril 2023

### RESUMO

O estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática, com intuito de mapear as relações entre aptidão cardiorrespiratória, tempo de tela e estado nutricional em crianças e adolescentes, bem como verificar qual a direção dessas relações. A busca foi realizada de acordo com as recomendações PRISMA, nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus*, e no *Medline*. Foram incluídos estudos completos e originais, publicados entre 2000 e março de 2023, e que avaliassem as variáveis citadas de forma concomitante e/ou associações. Foram identificados 210 artigos, e após refinamento conforme desfechos, 34 documentos avaliados de forma qualitativa. Pode-se verificar que as variáveis de saúde, como aptidão cardiorrespiratória, tempo de tela e estado nutricional, seguem com dados negativamente alarmantes nesta população, e que elas estão correlacionadas fortemente, demonstrando que a modificação de uma delas pode vir a interferir nas demais, melhorando assim o status de saúde de crianças e adolescentes.

**Palavras-chave:** Aptidão Cardiorrespiratória; Tempo de Tela; Obesidade Pediátrica; Crianças.

## Relación entre la aptitud cardiorrespiratoria, el tiempo de pantalla y la obesidad en escolares: una revisión sistemática

### RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo realizar una revisión sistemática, con el fin de mapear las relaciones entre la aptitud cardiorrespiratoria, el tiempo de pantalla y el estado de peso en niños y adolescentes, así como verificar el sentido de estas relaciones. La búsqueda se realizó de acuerdo con las recomendaciones de PRISMA, en las bases de datos *Web of Science*, *Scopus* y *Medline*. Se incluyeron estudios completos y originales, publicados entre 2000 y marzo de 2023, que evaluaban las variables citadas de forma concomitante y / o asociada. Se identificaron 210 artículos y, tras el del refinamiento según los resultados, se evaluaron cualitativamente 34 documentos. Se puede observar que las variables de salud, como aptitud cardiorrespiratoria, tiempo de pantalla y estado de peso, continúan con datos negativamente alarmantes en esta población, y que están fuertemente correlacionadas, demostrando que la modificación de una de ellas puede interferir con las otras, mejorando así el estado de salud de niños y adolescentes.

**Palabras clave:** Aptitud cardiorrespiratoria; Tiempo de pantalla; Obesidad pediátrica; Niños.

## Relationship between cardiorespiratory fitness, screen time and obesity in schools: a systematic review

### ABSTRACT

The study aimed to carry out a systematic review, with the aim of mapping the relationships between cardiorespiratory fitness, screen time and nutritional status in children and adolescents, as well as verifying the direction of these relationships. The search was carried out according to the PRISMA recommendations, in the *Web of Science*, *Scopus*, and *Medline* databases. Complete and original studies, published between 2000 and March 2023, that evaluated the variables cited concomitantly and / or associations were included. 210 articles were identified, and after refinement according to outcomes, 34 documents were evaluated qualitatively. It can be seen that the health variables, such as cardiorespiratory fitness, screen time and weight status, continue with negatively alarming data in this population, and that they are strongly correlated, demonstrating that the modification of one of them may interfere with the others, thus improving the health status of children and adolescents.

**Keywords:** Cardiorespiratory fitness; Screen Time; Pediatric Obesity; Children.

\* Autor para correspondência.

Correios eletrónicos: [alinelehnhard@gmail.com](mailto:alinelehnhard@gmail.com) (A. Rosso-Lehnhard).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2023.04.002>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2023 Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Introdução

As mudanças no estilo de vida de crianças e adolescentes vêm sofrendo alterações ao longo dos anos, as quais têm sido mais drásticas na última década, com o advento tecnológico e a popularização de aparelhos eletrônicos portáteis. A partir disso, o comportamento de escolares começou a ser observado com mais cuidado, verificando a relação entre os hábitos de vida diária e variáveis indicativas de saúde<sup>1-7</sup>. O comportamento sedentário, amplamente medido pelo tempo de uso de telas, compromete ainda a prática de atividade física, como exemplifica a teoria do deslocamento, visto que o uso de aparelhos hipocinéticos ocupa o tempo e substitui as práticas físicas<sup>8</sup>.

A Academia Americana de Pediatria<sup>9</sup> indica que o tempo máximo de exposição a telas deveria ser de 2h/dia para crianças a partir dos 6 anos de idade. No entanto, crianças entre 2 e 5 anos devem ficar expostas por, no máximo, 1h/dia e as menores de 2 anos não devem ser expostas a telas diariamente<sup>10</sup>. Isso porque esta limitação é proporcional às etapas do desenvolvimento cerebral, mental, cognitivo e psicossocial de crianças e adolescentes.<sup>11,12</sup> Em estudo com adolescentes, foram identificadas associações consistentes entre maior tempo de tela recreativo, baixos valores de aptidão cardiorrespiratória (medida por VO2máx) e alta prevalência de síndrome metabólica<sup>13</sup>. Os autores ainda sugerem intervenções específicas que possam auxiliar na minimização de exposições aos riscos cardiometabólicos desde faixas etárias mais novas. Além dos prejuízos já descritos, o período frente às telas tem como consequência o comportamento sedentário, que vem impactar agravamentos significativos à saúde, ao ponto de ser abordado também pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em seu último documento de recomendações de atividade física<sup>14</sup>.

Concomitante a este novo fenômeno, tem sido observado na população mundial, uma crescente no nível de inatividade física de crianças e jovens, chegando a uma prevalência maior que 80%<sup>15,16</sup>, o que vem a interferir diretamente na aptidão física destes indivíduos, e consequentemente na manutenção de uma saúde adequada. Em pesquisa com dados mundiais, Guthold e colaboradores<sup>15</sup> verificaram que 81% dos adolescentes não atendem às recomendações para exercícios aeróbicos, aqueles que têm vínculo direto com a Aptidão cardiorrespiratória (APCR). Deste modo, a falta de atividades físicas regulares foi relacionada à má utilização do tempo livre, e também aos períodos de educação física escolar pelos jovens<sup>16</sup>, demonstrando que são necessárias intervenções urgentes com programas de incentivo a treinamentos com frequência intensidade conforme as atualizações das diretrizes da OMS<sup>15,17</sup>.

Em ampla revisão, foi verificado que os níveis de aptidão física de crianças e adolescentes vem reduzindo progressivamente ao longo das décadas, em especial a APCR, e que a manutenção dos componentes de aptidão está intimamente vinculado a prática regular de atividades físicas<sup>18</sup>. Além disso, os componentes de aptidão física tem se relacionado com inúmeras variáveis de saúde, sendo considerada hoje um indicador de saúde a nível epidemiológico, por fornecer dados sobre o funcionamento e riscos de diversos sistemas corporais<sup>19</sup>. Em avaliação longitudinal com adolescentes, foi identificado que um nível adequado de APCR esteve vinculado ao menos consumo de tabaco, menor IMC e melhor padrão alimentar<sup>20</sup>. Já outro estudo verificou que mudanças na APCR após um programa de intervenção, gerou efeitos mediadores sobre o percentual de gordura corporal de escolares<sup>21</sup>. Estas pesquisas enfatizam a importância da manutenção de componentes da aptidão física, em especial da APCR, considerando que esta variável está comprovadamente vinculada à prevenção de uma série de problemas de saúde<sup>22</sup>, porém tem sido registrada um declínio das variáveis de aptidão em idades jovens<sup>23</sup>.

Outra esfera afetada pelos comportamentos pouco saudáveis, e mais especificamente a APCR, é o estado nutricional, verificado pelas variáveis de hábitos alimentares, excesso de peso corporal e risco a doenças metabólicas e hipocinéticas. Em estudo com mais de 100 mil escolares na China, concluiu-se que para resolver o problema de saúde de sobrepeso/obesidade deve-se aumentar atividade física moderada e vigorosa (AFMV), limitar tempo de tela e melhorar a duração do sono, simultaneamente<sup>24</sup>. Em estudo com 74.589 adolescentes brasileiros, verificaram que a alimentação desta população, quando estão em frente a telas, é pior, pelo fato de não estar disponibilizando a devida atenção à mastigação, saciedade e nutrição<sup>13</sup>. Características que vão ao encontro de achados a níveis globais, já que foi verificado que grupos semelhantes de comportamento de estilo de vida e associações com adiposidade foram reproduzidos na maioria das análises<sup>3</sup>.

Escolares com sobrepeso/obesidade tendem a possuir um desenvolvimento prejudicado da aptidão física ao longo dos anos, assim como o peso corporal inicial elevado, reduz níveis de aptidão física e comprometem a melhora destes durante o crescimento<sup>25</sup>. Nesta mesma linha, mesmo crianças com peso normal, mas que aumentaram a gordura corporal, apresentaram desempenhos piores em testes de resistência e força muscular<sup>26</sup>. Ainda nesta perspectiva, foi identificado que um IMC elevado, somado a um alto tempo assistindo a telas, obtiveram correlação negativa significativa com a aptidão física de escolares, e ainda, que realizara atividades físicas 5 ou mais vezes por semana, esteve associado a bons níveis na maioria dos componentes de aptidão física<sup>27</sup>.

Entretanto, apesar de se obter dados sobre os níveis destas variáveis, estes são segmentados/individualizados, ou de associações entre as mesmas em um único recorte, sendo assim, existe uma lacuna de compreender como estas se relacionam ao longo do tempo, da evolução da infância para a adolescência principalmente, visto que este é um período significativo de mudanças comportamentais, e estilo de vida. Além disso, vislumbra-se a necessidade de compreender quais são as variáveis que sofrem maiores alterações, e quais são aquelas que têm maior caráter modificador e até moderador dos comportamentos vinculados ao status de saúde de crianças e adolescentes.

O presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática a fim de mapear as relações entre aptidão cardiorrespiratória, tempo de tela e estado nutricional em crianças e adolescentes, bem como verificar qual a direção e conclusões dessas relações, para que futuras pesquisas de intervenção sejam mais eficientes e objetivas.

## Métodos

Esta pesquisa foi realizada de acordo com as recomendações dispostas em forma de *check list* do Relatório de Revisões Sistemáticas e Meta-Análise – PRISMA<sup>28</sup>. O documento relatado é composto de 27 itens essenciais para uma apresentação de forma objetiva, clara e fidedigna dos dados encontrados.

Foram incluídos estudos que apresentavam avaliação concomitante da aptidão cardiorrespiratória, tempo de tela e estado nutricional em crianças e adolescentes. Os documentos deveriam estar disponíveis na forma completa, apresentados na língua inglesa e/ou portuguesa, e publicados entre 2000 e março de 2023. Como critérios de exclusão da revisão sistemática foram descartados estudos que tratassem de revisões de conteúdo ou posicionamentos oficiais sobre as temáticas, anais de congresso, resumo de conferência, artigos duplicados, pesquisas com adultos, artigos que investigassem apenas uma das variáveis incluídas (aptidão cardiorrespiratória, tempo de tela e estado nutricional), e não a relação entre elas.

Esta revisão teve como fonte de buscas as bases de dados Pubmed, Web of Science e Scopus. Para isso, foram utilizados os seguintes termos e combinações, todos em inglês: (“Screen Time”

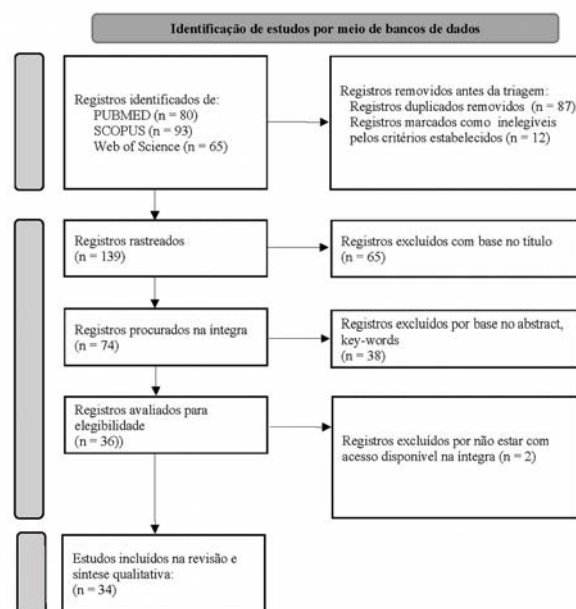
OR "Screen Times" OR "TV Time") AND ("Cardiorespiratory Fitness" OR "Physical Fitness") AND ("Obesity" OR "Pediatric Obesity" OR "Overweight") AND ("Child" OR "Adolescent" OR "Youth"). Os termos selecionados foram baseados nos termos MeSH (*Medical Subject Headings*), e nos descritores da área da saúde, para busca mais ampla de artigos nas bases de dados, e foram anteriormente testados para melhor abrangência.

Tanto a busca quanto a seleção dos estudos foram desenvolvidas de forma independente por dois avaliadores, sendo que ambos seguiram as estratégias de busca pré-estabelecidas. A seleção inicial dos artigos foi realizada por meio da leitura dos títulos exclusivamente. Em seguida, a seleção foi feita a partir da análise dos resumos e das palavras-chave. A última etapa de análises contemplou a avaliação dos artigos completos. Neste momento, cada avaliador fez suas seleções, seguindo os critérios de exclusão e elegibilidade. Os desfechos extraídos foram: 1) aptidão cardiorrespiratória, 2) aptidão física, 3) tempo de tela/TV/videogame, 4) gordura abdominal, 5) risco cardiometabólico, 6) nível de atividade física, 7) tempo de atividade física, 8) dados socioeconômicos, 9) duração do sono, 10) comportamento sedentário, 11) índice de massa corporal, 12) hábitos alimentares, 13) estado nutricional, 14) composição corporal, 15) consumo VO<sub>2</sub>máx, 16) estágio maturacional, 17) deslocamento para a escola; 18) pressão arterial e 19) desempenho acadêmico.

## Resultados

A busca de artigos, seguindo os termos especificados anteriormente, totalizou 210 itens, sendo 80 da base de dados Pubmed, 93 identificados na Scopus e 65 da Web of Science. Em primeira análise, ocorreu o refinamento com base no critério de excluir revisões; em segundo momento foram excluídos os artigos que não se encaixavam com os desfechos esperados com base na a leitura dos títulos, após foram retirados aqueles duplicados nas bases de dados, e por fim foi realizada a seleção, conforme os critérios de inclusão e exclusão, a partir da leitura dos abstracts/resumos e palavras-chave. A última etapa foi de busca dos artigos na íntegra, finalizando o refinamento com 35 documentos para análise qualitativa, conforme sintetizado no fluxograma da **Figura 1**.

Figura 1 – Fluxograma das etapas de seleção dos artigos, conforme modelo PRISMA.



Para melhor visualização dos artigos selecionados nesta revisão sistemática, foi feita uma análise qualitativa sintética dos mesmos, em ordem cronológica (ano regressivo), com a identificação do artigo (autoria e ano de publicação), os objetivos, a amostra, e as variáveis analisadas (**Tabela 1**).

## Discussão

### Resultados dos estudos para as variáveis APCR, Tempo de tela, estado nutricional

Os artigos pesquisados demonstraram a APCR com níveis baixos/insuficientes para crianças e adolescentes, assim como o risco cardiometabólico alto<sup>35,39,42,56</sup>. Também foi identificado que um estilo de vida desfavorável à saúde (sedentarismo, alto tempo de tela, sobrepeso/obesidade), foram associados ao aumento da idade, e conseqüentemente a maiores riscos de saúde<sup>24,31-33</sup>. Além disso, o nível de atividade física moderada e vigorosa, assim como o estado nutricional, foram importantes preditores de APCR em adolescentes.<sup>54</sup> Em relação ao sexo, destaca-se que entre as meninas, a APCR foi negativamente associada ao IMC<sup>5</sup>.

Os dados de tempo de tela, que em geral foram mensurados como variável de comportamento sedentário, demonstraram que o período que crianças e adolescentes ficam expostos a telas, e as utilizando de forma recreacional, foi superior a recomendação internacional<sup>37,44,46,48-49</sup>, além de que o aumento da idade foi relacionado com o incremento ao

tempo de tela<sup>39,52</sup>. Destaca-se que foram encontrados maiores índices de tempo de tela total no sexo masculino<sup>46</sup>.

Uma avaliação longitudinal identificou que 25% dos participantes, avaliados por um período de 2 anos, passou de um tempo de tela diário adequado para alto, ultrapassando 2h/dia exposto a telas<sup>53</sup>. Essa mudança de comportamento se deu pelo acesso maior a implementos tecnológicos, levando a um alerta para o tempo de uso de videogames, smartphones, TV, tablets, entre outros, e seu vínculo com o tempo em atividades realizadas na posição sentado e comportamento sedentário<sup>37</sup>. Devido a essa relação entre comportamentos, e os riscos à saúde que os mesmos apresentam, outra pesquisa descreveu que escolares adolescentes possuem associação entre tempo excessivo de tela com uso de TV no quarto, e com a obesidade<sup>52</sup>. Ainda nesta direção, outro estudo demonstrou que crianças e adolescentes que atenderam à recomendação diária de tempo de tela demonstraram IMC e pressão arterial sistólica significativamente menor em comparação com aqueles que excederam esta recomendação<sup>57</sup>.

O aumento de índices de sobrepeso/obesidade entre crianças e adolescentes é reconhecido em âmbito mundial, e esta pesquisa reiterou essa informação<sup>3,38,40-42,45,48</sup>. Entretanto, apesar dessa ser uma informação recorrente, as ações de intervenção ainda são pequenas e insuficientes para a modificação deste status, além de que, os fatores associados a esta condição precisam ser esclarecidos, para que se modifique o estado nutricional dos escolares de forma mais eficaz.

Ressalta-se os riscos do estado nutricional deste público, já que escolares com obesidade apresentaram maior resposta cardiovascular na frequência cardíaca e na pressão arterial sistólica do que seus pares com peso normal e com sobrepeso<sup>38</sup>. Além disso, o comportamento sedentário, medido pelo tempo de tela, foi significativamente associado a sobrepeso/obesidade nos adolescentes<sup>48</sup>. Portanto, é imprescindível garantir a atividade física adequada e alta aptidão física as crianças e adolescentes, para a prevenção de ganho excessivo de peso durante a infância<sup>6</sup>, e a manutenção de sua saúde ao longo da vida<sup>17</sup>.

#### *Principais relações/associações entre as variáveis*

A descrição dos resultados anteriores demonstra que APCR, tempo de tela e obesidade são variáveis que apresentam níveis preocupantes para a saúde de escolares, e desta forma, podemos destacar as principais relações identificadas pelos estudos. Quando associadas, APCR, bons hábitos alimentares e baixo tempo de tela com o nível de atividade física de crianças em uma população de mais de 170 mil escolares, foi identificada relação forte entre estas variáveis<sup>41</sup>.

Em 2011, um estudo identificou que a APCR estava positivamente associada não só com a atividade física (independente), mas também com a maturação e com o tipo de deslocamento para a escola, e negativamente associada ao tempo de televisão e adiposidade<sup>55</sup>. Os autores demonstraram que existia uma forte associação positiva entre indivíduos com desempenho de APCR "abaixo da zona saudável" e o IMC, além da associação entre os níveis mais baixos de aptidão física com o risco de sobrepeso/obesidade, em particular APCR e força abdominal.

Em geral, os estudos identificados avaliaram, além das variáveis citadas, o nível de atividade física e a aptidão física geral, visto que essas são variáveis que têm alta possibilidade de modificarem as demais. Em pesquisa com escolares da Espanha, foi constatado que o grupo caracterizado por altos níveis de AFMV obtiveram resultados mais saudáveis nos indicadores de aptidão física e de gordura, e ainda se destacou um alerta para os comportamentos sedentários em meninas, e nível de atividade física em meninos<sup>1</sup>. Corroborando com os achados, em atualização desta pesquisa, o tempo sedentário medido diretamente por acelerômetro foi positivamente associado à adiposidade, e negativamente associado ao nível de atividade física<sup>44</sup>.

Sabe-se que para esta população, a obesidade diminui as chances de manutenção de níveis adequados de atividade física<sup>41</sup>, devido a fatores físicos, psicológicos e comportamentais. A exemplo disso, a elevada frequência de escolares que dependem tempo excessivo com comportamentos sedentários teve correlação com a adiposidade corporal, excesso de peso e falta de aptidão física relacionada à saúde<sup>3,46</sup>. Outro exemplo foi citado por Drenowatz e colaboradores<sup>6</sup>, demonstrando que o ganho de peso foi associado à baixa atividade física, falta de transporte ativo e também ao menor condicionamento físico. Assim como, os hábitos alimentares insuficientes, sono insuficiente, níveis inadequados de atividade física e aumento do tempo de tela, aumentaram a probabilidade de ser um consumidor frequente de *fast-food*<sup>41</sup>, um hábito não considerado saudável.

A obesidade em adolescentes foi associada ao tempo de tela, sendo constatado que aqueles com exposição a telas acima de 3h/dia tiveram maior incidência de ter baixa aptidão física, ter hábitos alimentares inadequados e ser obeso<sup>37</sup>. Outra pesquisa, nesta mesma linha, verificou que crianças ativas que acumulam mais de 2h/dia de tempo de tela e crianças inativas têm a mesma probabilidade de apresentar sobrepeso/obesidade<sup>49</sup>. Corroborando com estes achados, um estudo de 2019 demonstrou que o tempo sedentário baseado em utilização de tela, seja para fins educacionais ou sociais, foi relacionado negativamente à aptidão física, independente do nível de atividade física de escolares<sup>44</sup>. Em suma, exceder o tempo de TV recomendado aumenta o risco de se obter um condicionamento físico ruim, e somada com a duração de sono inadequada, estão associadas ao risco cardiometabólico de escolares<sup>22,39</sup>.

Além das associações simples, alguns artigos mencionaram o aspecto moderador e mediador destas variáveis na saúde dos escolares<sup>29</sup>. A atividade física mediou todas as associações entre tempo sedentário com adiposidade ou aptidão física, sendo que este efeito mediador foi maior em crianças do que adolescentes<sup>44</sup>. Destaca-se também que níveis adequados de atividade física combinados com comportamento sedentário excessivo foram fortemente associados à adiposidade em crianças, sendo que estas associações foram mediadas pela aptidão física<sup>49</sup>, o que demonstra a importância dos valores adequados de aptidão física, em especial APCR para manutenção de saúde geral, levando em consideração que a atividade física está fortemente associada à aptidão cardiorrespiratória em adolescentes<sup>29,30,31,48</sup>.

Estar fisicamente ativo apresenta associação positiva com APCR, independente do tempo de tela entre os adolescentes, mas por outro viés, o tempo exposto a telas foi um fator mais forte do que a atividade física na predição do estado nutricional em crianças e adolescentes; em suma, estes autores constataram que crianças que não atendiam à diretriz de tempo de tela tinham 1,69 vezes mais chances de estar com sobrepeso /obesidade, e as que, além disso, também não cumpriam as recomendações de tempo e intensidade de atividades físicas, tinham 2,52 vezes mais chances<sup>48</sup>. Corroborado com estas informações, um estudo de 2012 demonstrou que um grande tempo de tela durante a infância é um preditor independente de menor APCR na adolescência<sup>53</sup>, assim como a AFMV e o estado nutricional foram importantes preditores de APCR em adolescentes<sup>54</sup>. Acrescentando ainda, pesquisa com crianças escolares da Espanha, demonstrou que aquelas com estilo de vida medido como regular, somado a aptidão física regular, tinham 2,015 vezes mais risco de desenvolver sobrepeso/obesidade se comparado aos seus pares com estilo de vida e aptidão física boa; já para os escolares com estilo de vida e aptidão física considerados ruins pela avaliação, este risco progredia para 10,34 vezes em comparação aos saudáveis<sup>30</sup>.

#### *Modificações dos resultados das relações para melhoria da saúde de crianças*

Estudos analisados por esta revisão sugerem que intervenções sejam realizadas com urgência<sup>33,40,51</sup>, visto que crianças e

adolescentes são um público de comportamento e hábitos ainda em formação. Além disso, também é citado que estas intervenções possuem maior eficácia quando realizadas em ambiente escolar<sup>51</sup>, tanto em turno de aulas, quanto no contraturno, devido a maior aderência neste espaço de comunidade escolar.

Sabe-se que a prática regular de AFMV está entre as principais intervenções que podem modificar os níveis de APCR, tempo de tela e o estado nutricional tanto de crianças e adolescentes, como de adultos. Desta forma, conforme sugerido pelas novas diretrizes da OMS, e pelo fato de que a maioria do público em questão não atende às diretrizes de atividade física, existe a necessidade da intensificação urgente na implementação de políticas e programas eficazes para aumentar a atividade dos adolescentes<sup>15,17</sup>. Em pesquisa de intervenção por 28 meses, foi identificado que a proporção de escolas que atenderam às recomendações de atividade física aumentou 37%, sendo estas realizadas em turno subsequente às aulas, concluindo que a intervenção na escola com um componente ambiental pode melhorar a aptidão física e pode minimizar o declínio nos níveis de atividade física da infância à adolescência<sup>51</sup>. Uma das teses para esta melhoria é o papel da motivação e dos determinantes de prática nas aulas de educação física como suporte para a aquisição não apenas de hábitos saudáveis e ativos nessas idades, mas também para a melhora dos níveis de aptidão física<sup>36</sup>.

Portanto, é necessário medir e monitorar as variáveis de saúde, como APCR, comportamento sedentário, estado nutricional, níveis de AF na infância e adolescência, uma vez que são dados úteis para descrever seu status de saúde atual e a associação com a aptidão física, bem como para revelar consequências destas no futuro<sup>31,32,36</sup>. O monitoramento de forma longitudinal é de suma importância para que precocemente se estabeleça um estilo de vida saudável, e se compreenda quais são os determinantes para estes hábitos, além dos efeitos cumulativos que uma saúde adequada tem ao longo do desenvolvimento<sup>3,50</sup>.

### Considerações finais

Esta revisão sistemática, que reuniu estudos com escolares de diversos países, identificou que as variáveis de saúde, como APCR, tempo de tela e estado nutricional, seguem com dados negativamente alarmantes nesta população. Além disso, foi verificado que elas estão correlacionadas fortemente, demonstrando que a modificação de uma delas pode vir a interferir nas demais, melhorando assim o status de saúde de crianças e adolescentes.

Desta forma, evidencia-se a necessidade de estudos longitudinais destas variáveis, a fim de compreender o comportamento ao longo dos anos da vida do escolar, para que assim sejam realizadas intervenções mais objetivas para a modificação dos hábitos desse público. Além disso, a identificação de variáveis moderadoras e mediadoras das associações entre os dados de estilo de vida de crianças e adolescentes é de primordial relevância para estas intervenções e modificações de status de saúde.

**Autoria.** Todos os autores contribuíram intelectualmente no desenvolvimento do trabalho, assumiram a responsabilidade do conteúdo e, da mesma forma, concordam com a versão final do artigo. **Financiamento.** Os autores agradecem a ---- pelo apoio financeiro e pela bolsa outorgada. **Agradecimentos.** Os autores agradecem ---. **Conflito de interesses.** Os autores declaram não haver conflito de interesses. **Origem e revisão.** Não foi encomendada, a revisão foi externa e por pares. **Responsabilidades Éticas.** *Proteção de pessoas e animais:* Os autores declaram que os procedimentos seguidos estão de acordo com os padrões éticos da Associação Médica Mundial e da Declaração de Helsinque. *Confidencialidade:* Os autores declaram que seguiram os protocolos estabelecidos por seus respectivos centros para

acessar os dados das histórias clínicas, a fim de realizar este tipo de publicação e realizar uma investigação / divulgação para a comunidade. *Privacidade:* Os autores declaram que nenhum dado que identifique o paciente aparece neste artigo.

### Referências

1. [Cabanas-Sánchez V, Martínez-Gómez D, Izquierdo-Gómez R, Segura-Jiménez V, Castro-Piñero J, Veiga OL. Association between Clustering of Lifestyle Behaviors and Health-Related Physical Fitness in Youth: The UP&DOWN Study. J Pediatr \[Internet\]. 2018;199:41-4.](#)
2. [Bidzan-Bluma I, Lipowska M. Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. Int J Environ Res Public Health. 2018;15\(4\).](#)
3. [Dumuid D, Olds T, Lewis LK, Martin-Fernández JA, Barreira T, Broyles S, et al. The adiposity of children is associated with their lifestyle behaviours: a cluster analysis of school-aged children from 12 nations. Pediatr Obes. 2018;13\(2\):111-9.](#)
4. [Ferrari Junior G, Andrade R, Rebelatto C, Beltrame T, Pelegrini A, Felden É. Fatores associados às barreiras para a prática de atividade física dos adolescentes. Rev Bras Atividade Física Saúde. 2016;21\(4\):307-16.](#)
5. [Arango CM, Parra DC, Gómez LF, Lema L, Lobelo F, Ekelund U. Screen time, cardiorespiratory fitness and adiposity among school-age children from Monteria, Colombia. J Sci Med Sport \[Internet\]. 2014;17\(5\):491-5.](#)
6. [Drenowatz C, Kobel S, Kettner S, Kesztyüs D, Wirt T, Dreyhaupt J, et al. Correlates of weight gain in German children attending elementary school. Prev Med \(Baltim\) \[Internet\]. 2013;57\(4\):310-4.](#)
7. [Knuth AG, Hallal PC. Temporal Trends in Physical Activity: A systematic review. Journal of Physical Activity and Health. 2009;2\(c\):548-59.](#)
8. [López-Gil JE, et al. Cardiorespiratory Fitness as Mediator of the Relationship of Recreational Screen Time on Mediterranean Diet Score in Schoolchildren. Int J Environ Res Public Health. 2021;18\(9\):4490.](#)
9. [Committee on Public Education. American academy of pediatrics: Children, adolescents and television. Pediatrics. 2001;107\(2\):423-6.](#)
10. [Tremblay MS, et al. Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Children and Youth: An Integration of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Sleep. \[Internet\]. Appl Physiol Nutr Metab. 2016;v41\(6\) Suppl. 3: 11-27.](#)
11. [Sharif I, Sargent JD. Association between television, movie, and video game exposure and school performance. Pediatrics. 2006;118\(4\).](#)
12. [Strasburger VC, Jordan AB, Donnerstein E. Health effects of media on children and adolescents. Pediatrics. 2010;125\(4\):756-67.](#)
13. [De Oliveira RG, Guedes DP. Physical activity, sedentary behavior, cardiorespiratory fitness and metabolic syndrome in adolescents: Systematic review and meta-analysis of observational evidence. PLoS One. 2016;11\(12\):1-24.](#)
14. [WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. WHO reference 2020.](#)
15. [Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. Lancet Child Adolesc Heal \[Internet\]. 2020;4\(1\):23-35.](#)
16. [Sallis JF, Bull F, Guthold R, Heath GW, Inoue S, Kelly P, et](#)

- al. [Series Physical Activity 2016: Progress and Challenges Progress in physical activity over the Olympic quadrennium. Lancet \[Internet\]. 2016;6736\(16\):1-12.](#)
17. [Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Br J Sports Med. 2020;54\(24\):1451-62.](#)
  18. [Fühner T, et al. An Update on Secular Trends in Physical Fitness of Children and Adolescents from 1972 to 2015: A systematic review. Sports Medicine. 2021; 51\(2\), 303-320.](#)
  19. [Lang JJ, et al. Making a case for cardiorespiratory fitness surveillance among children and youth. Exercise and Sport Sciences Reviews. 2018; 46\(2\), 66-75.](#)
  20. [Agostinis-Sobrinho C, et al. Cardiovascular health behavior and cardiorespiratory fitness in adolescents: a longitudinal study. Eur J Pediatr. 2022;181\(12\):4091-4099.](#)
  21. [Domaradzki J, Koźlenia D, Popowczak M. The Mediation Role of Fatness in Associations between Cardiorespiratory Fitness and Blood Pressure after High-Intensity Interval Training in Adolescents. Int J Environ Res Public Health. 2022;19\(3\).](#)
  22. [Mello JB, et al. Projeto Esporte Brasil: physical fitness profile related to sport performance of children and adolescents. Revista Brasileira de Cineantropom e Desempenho Humano. 2016;18\(6\), 658-666.](#)
  23. [Drenowatz C, et al. Association between Club Sports Participation and Physical Fitness across 6-to 14-year-old Austrian Youth. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019;16\(3392\), 1-11.](#)
  24. [Chen ST, Liu Y, Tremblay MS, Hong JT, Tang Y, Cao ZB, et al. Meeting 24-Hour Movement Guidelines: Prevalence, correlates and the relationships with overweight and obesity among Chinese children and adolescents. J Sport Heal Sci. 2020; 10\(3\): 349-359.](#)
  25. [Drenowatz C, et al. Association of Body Weight and Physical Fitness during the Elementary School Years. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022;19\(3441\), 1-12.](#)
  26. [Musálek M, et al. Impaired Cardiorespiratory Fitness and Muscle Strength in Children with Normal-Weight Obesity. Int J Environ Res Public Health. 2020; 17\(24\): 9198.](#)
  27. [Dong X, et al. Physical Activity, Screen-Based Sedentary Behavior and Physical Fitness in Chinese Adolescents: A Cross-Sectional Study. Front Pediatr. 2021;5\(9\).](#)
  28. [Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, et al. The PRISMA 2020 statement: Na update guideline for reporting systematic reviews. J Clin Epidemiol. 2021; 134: 178-89.](#)
  29. [Da Costa N, et al. Moderating Role of Physical Fitness in the Association Between TV Time and Adiposity Parameters in Adolescents. American Journal of Health Promotion. 2022; 36\(7\), 1104-1111.](#)
  30. [Aragon-Martin R, et al. Independent and Combined Association of Lifestyle Behaviours and Physical Fitness with Body Weight Status in Schoolchildren. Nutrients. 2022; 14\(6\): 1208.](#)
  31. [Pepera G, et al. Associations between cardiorespiratory fitness, fatness, hemodynamic characteristics, and sedentary behaviour in primary school-aged children. BMC Sports Science medicine and Rehabilitation. 2022; 14\(1\).](#)
  32. [Caamaño-Navarrete F, et al. The association between modifiable lifestyle behaviour in Latin-American schoolchildren with abdominal obesity and excess weight. A comparison of Chile and Colombia. Endocrinologia, Diabetes y Nutricion, 2022; 69\(1\), 4-14.](#)
  33. [López-Gil JF, Brazo-Sayavera J, García-Hermoso A, De Camargo EM, Yuste Lucas JL. Clustering Patterns of Physical Fitness, Physical Activity, Sedentary, and Dietary Behavior among School Children. Child Obes. 2020;16\(8\):564-70.](#)
  34. [López-Gil JF, Brazo-Sayavera J, Lucas JLY, Cavichioli FR. Weight status is related to health-related physical fitness and physical activity but not to sedentary behaviour in children. Int J Environ Res Public Health. 2020;17\(12\):1-13.](#)
  35. [Sehn AP, Gaya AR, Dias AF, Brand C, Mota J, Pfeiffer KA, et al. Relationship between sleep duration and TV time with cardiometabolic risk in adolescents. Environ Health Prev Med. 2020;25\(1\):1-9.](#)
  36. [Gea-García GM, González-Gálvez N, Espeso-García A, Marcos-Pardo PJ, González-Fernández FT, Martínez-Aranda LM. Relationship Between the Practice of Physical Activity and Physical Fitness in Physical Education Students: The Integrated Regulation As a Media.](#)
  37. [Puolitaival T, Sieppi M, Pyky R, Enwald H, Korpelainen R, Nurkkala M. Health behaviours associated with video gaming in adolescent men: A cross-sectional population-based MOPO study. BMC Public Health. 2020;20\(1\):1-8.](#)
  38. [Delgado-Floody P, Alvarez C, Caamaño-Navarrete F, Jerez-Mayorga D, Latorre-Román P. Influence of Mediterranean diet adherence, physical activity patterns, and weight status on cardiovascular response to cardiorespiratory fitness test in Chilean school chi.](#)
  39. [Greier K, Drenowatz C, Ruedl G, Riechelmann H. Association between daily TV time and physical fitness in 6-to 14-year-old Austrian youth. Transl Pediatr. 2019;8\(5\):371-7.](#)
  40. [Hardy LL, MacNiven R, Esgin T, Mahrshahi S. Cross-sectional changes in weight status and weight related behaviors among Australian children and Australian Indigenous children between 2010 and 2015. PLoS One. 2019;14\(7\):1-13.](#)
  41. [Tambalis KD, Panagiotakos DB, Psarra G, Sidossis LS. Concomitant associations between lifestyle characteristics and physical activity status in children and adolescents. J Res Health Sci. 2019;19\(1\):1-7.](#)
  42. [Zhu Z, Tang Y, Zhuang J, Liu Y, Wu X, Cai Y, et al. Physical activity, screen viewing time, and overweight/obesity among Chinese children and adolescents: An update from the 2017 physical activity and fitness in China - The youth study. BMC Public Health.](#)
  43. [Baceviciene M, Jankauskiene R, Emeljanovas A. Self-perception of physical activity and fitness is related to lower psychosomatic health symptoms in adolescents with unhealthy lifestyles. BMC Public Health. 2019;19\(1\):1-11.](#)
  44. [Cabanas-Sánchez V, Martínez-Gómez D, Esteban-Cornejo I, Pérez-Bey A, Castro Piñero J, Veiga OL. Associations of total sedentary time, screen time and non-screen sedentary time with adiposity and physical fitness in youth: the mediating effect of physical.](#)
  45. [Tambalis KD, Panagiotakos DB, Psarra G, Sidossis LS. Association between fast-food consumption and lifestyle characteristics in Greek children and adolescents; Results from the EYZHN \(National Action for Children's Health\) programme. Public Health Nutr. 2.](#)
  46. [Menezes BA, Daniele TMC, Felix MTLR, Uchoa FNM, Andrade RA, Moreno DB. Tempo de tela e aptidão física relacionada à saúde em escolares do ensino médio: um estudo correlacional. Motricidade \[Internet\]. 2018;14\(1S\):24-30.](#)
  47. [Morita N, Nakajima T, Okita K, Ishihara T, Sagawa M, Yamatsu K. Relationships among fitness, obesity, screen time and academic achievement in Japanese adolescents. Physiol Behav \[Internet\]. 2016;163:161-6.](#)
  48. [Bai Y, Chen S, Laurson KR, Kim Y, Saint-Maurice PF, Welk GJ. The associations of youth physical activity and screen time with fatness and fitness: The 2012 NHANES national youth fitness survey. PLoS One. 2016;11\(1\):1-13.](#)
  49. [Herman KM, Chaput JP, Sabiston CM, Mathieu ME, Tremblay A, Paradis G. Combined physical activity/sedentary behavior associations with indices of adiposity in 8- to 10-year-old children. J Phys Act Heal. 2015;12\(1\):20-9.](#)
  50. [Drenowatz C, Kobel S, Kettner S, Kesztyüs D, Steinacker JM. Interaction of sedentary behaviour, sports participation and fitness with weight status in elementary school children. Eur J](#)

- Sport Sci [Internet]. 2014;14(1):100–5.
51. [Andrade S, Lachat C, Ochoa-Aviles A, Verstraeten R, Huybregts L, Roberfroid D, et al. A school-based intervention improves physical fitness in Ecuadorian adolescents: A cluster-randomized controlled trial. Int J Behav Nutr Phys Act. 2014;11\(1\):1–17.](#)
  52. [Wethington H, Pan L, Sherry B. The association of screen time, television in the bedroom, and obesity among school-aged youth: 2007 national survey of children's health. J Sch Health. 2013;83\(8\):573–81.](#)
  53. [Aggio D, Ogunleye AA, Voss C, Sandercock GRH. Temporal relationships between screen-time and physical activity with cardiorespiratory fitness in English Schoolchildren: A 2-year longitudinal study. Prev Med \(Baltim\) \[Internet\]. 2012;55\(1\):37–9.](#)
  54. [Machado-Rodrigues AM, Coelho-E-Silva MJ, Mota J, Cumming SP, Riddoch C, Malina RM. Correlates of aerobic fitness in urban and rural Portuguese adolescents. Ann Hum Biol. 2011;38\(4\):479–84.](#)
  55. [Aires L, Pratt M, Lobelo F, Santos RM, Santos MP, Mota J. Associations of cardiorespiratory fitness in children and adolescents with physical activity, active commuting to school, and screen time. J Phys Act Health. 2011;8 Suppl 2\(Suppl 2\):198–206.](#)
  56. [Aires L, Mendona D, Silva G, Gaya AR, Santos MP, Ribeiro JC, et al. A 3-year longitudinal analysis of changes in body mass index. Int J Sports Med. 2010;31\(2\):133–7.](#)
  57. [Ullrich-French SC, Power TG, Daratha KB, Bindler RC, Steele MM. Examination of adolescents' screen time and physical fitness as independent correlates of weight status and blood pressure. J Sports Sci. 2010;28\(11\):1189–96.](#)

Tabela 1. Quadro de síntese qualitativa da revisão sistemática

Artigo	Objetivo	Amostra/ Local	Desfechos/Relações
Da Costa et al (2022) <sup>29</sup>	Identificar se os componentes da atividade física (AF) desempenham um papel moderador na relação entre o tempo de TV e os níveis de adiposidade em adolescentes do Sul do Brasil.	N = 1071 12 a 17 anos (F=617; M=454)  Brasil	APCR é um moderador na relação entre tempo de TV e adiposidade (IMC e CC)  Meninos apresentaram melhores níveis de força abdominal, APCR e força de membros inferiores.
Aragon-Martin et al (2022) <sup>30</sup>	Associação independente e combinada de comportamentos do estilo de vida e aptidão física auto referida com o estado nutricional de escolares.	N = 864 8 a 9 anos (F=412; M=452)  Espanha	Tempo de Tela ↓ -- ↑ IMC  Estilo de vida regular + Apidão Física Regular -- 2,015X maior risco de sobrepeso/obesidade  Estilo de vida ruim + Apidão Física ruim -- 10,34X maior risco de sobrepeso/obesidade
Pepera et al (2022) <sup>31</sup>	Identificar as associações entre adiposidade, características hemodinâmicas e tempo sedentário com APCR em escolares.	N = 105 6 a 12 anos (F=17; M=88)  Grécia	APCR ↓ -- ↑ Peso corporal ↑ IMC ↑ Pressão Arterial Sistólica ↑ Frequência Cardíaca ↑ Tempo sedentário
Caamaño-Navarrete et al (2022) <sup>32</sup>	Associação do estilo de vida e aptidão com obesidade abdominal e excesso de peso em escolares chilenos e colombianos	N = 969 4 a 6 anos (F=441; M=528)  Chile e Colômbia	Aptidão Física ↓ -- ↑ Circunferência de Cintura (CC)  Tempo de Tela ↓ -- ↑ CC ↑ CC e RCQ  Aptidão Física ↓ --
López-Gil et al (2020B) <sup>33</sup>	Identificar os diferentes padrões de estilo de vida saudável de crianças de acordo com sua aptidão física, padrões de AF, tempo de tela e adesão à Dieta Mediterrânea, e associar estas variáveis.	N=353 crianças, 6 a 13 anos (F= 162; M=191)  Espanha	Aptidão Física ↓ Atividade Física ↓ Tempo de Tela ↓ Adesão a dieta ↓  ↑ Parâmetros antropométricos relacionados a obesidade
López-Gil et al (2020) <sup>34</sup>	Descrever, comparar e analisar o nível de aptidão física, atividade física e comportamento sedentário em crianças de acordo com o peso corporal.	N=370 crianças, 6 a 13 anos (F= 166; M=204)  Espanha	Peso normal -- ↑ Aptidão física ↑ Nível de Atividade física  Adiposidade ↓ circunferência de cintura ↓ -- ↑ Aptidão física ↑ Nível de Atividade física  IMC ↓ -- ↑ APCR  Comportamento sedentário não foi relacionado aos parâmetros antropométricos.
Sehn et al (2020) <sup>35</sup>	Associação da duração do sono e do tempo de TV com o risco cardiometabólico, e a moderação da idade, sexo e cor da pele/etnia nessa relação entre adolescentes.	N=1411 adolescentes, 10 a 17 anos (F=800; M=611)  Brasil	Tempo de TV ↓ Duração de sono ↓ -- Risco cardiometabólico  Idade ↓ -- Relação mais forte



Gea-Garcia et al (2020) <sup>36</sup>	Relação entre o nível de prática de AF e o nível de aptidão física em escolares, e o papel mediador da Regulação Integrada na relação entre AF e aptidão física.	N=325 escolares, 11 a 14 anos (F=161; M=164)  Espanha	Aptidão física ↓ --  Aptidão física ↓ Nível de atividade física ↓ --	↓ Nível de atividade física  ↓ Regulação Integrada (determinantes de comportamento)
Efeito mediador da Regulação Integrada Prática de atividade física -- Aptidão física global.				
Chen et al (2020) <sup>24</sup>	Prevalência do cumprimento das diretrizes de movimento, seus correlatos e suas relações com o IMC em crianças e adolescentes na China.	N=114.072 crianças e adolescentes, 13,75±2,61 anos (F=50,82%; M=49,18%)  China	Estilos de vida ↓ --  Redução sobrepeso/ obesidade --	↓ Idade ↓ Escolaridade Pais ↓ Renda Familiar  ↓ AFMV ↓ Tempo de tela ↓ duração do sono, (simultaneamente)
Puolitaival et al (2020) <sup>37</sup>	Hábitos alimentares e atividade física de adolescentes (masculino) com quantidade excessiva de tempo em videogames.	N=796 adolescentes, 17,8±0,6 anos (M=796) Finlândia	Tempo de tela > 3h/dia --	↓ incidência de baixa Aptidão Física ↓ incidência hábitos alimentares inadequados ↓ incidência de ser obeso
Delgado-Floody et al (2020) <sup>38</sup>	Associação entre a adesão à dieta mediterrânea, os padrões de atividade física e o status do peso com a resposta cardiovascular após um teste de aptidão cardiorrespiratória.	N=605 crianças, 10 a 13 anos (F=272; M=333) Chile	Obesidade --  ↑ Pressão Arterial Sistólica --	↓ Resposta cardiovascular na Frequência cardíaca e Pressão Arterial Sistólica  ↓ Bons Hábitos alimentares ↓ Padrões de Atividade Física.
Greier et al (2019) <sup>39</sup>	Associação entre tempo de TV e aptidão física em jovens de 6 a 14 anos.	N=3293 escolares, 06 a 14 anos (F=44,9%; M=55,1%) Áustria	Tempo de TV ↓ --  Exceder o tempo de TV recomendado --	↓ Idade  Risco 60% maior de ter condicionamento físico ruim ou muito ruim.
Hardy et al (2019) <sup>40</sup>	Alterações no estado nutricional e comportamentos relacionados de crianças com maior risco de saúde e social.	N=15613 crianças e adolescentes, 05 a 16 anos Austrália	↓ Prevalências de sobrepeso/obesidade em 2015 em comparação a 2010. Sobrepeso/obesidade ↓ em crianças com risco social.  Pequenas mudanças positivas em direção a comportamentos mais saudáveis relacionados ao peso.	
Tambalis et al (2019) <sup>41</sup>	Associações concomitantes entre atividades físicas e fatores de estilo de vida em uma amostra representativa de crianças e adolescentes.	N= 177.091 escolares, 08 a 17 anos (F=49%; M=51%) Grécia	Nível de atividade física ↓ --  Obesidade --	↓ APCR ↓ Hábitos alimentares ↓ Tempo de tela  ↓ Chances de níveis adequados de atividade física.
Zhu et al (2019) <sup>42</sup>	Prevalência de cumprimento das diretrizes de atividade física moderada vigorosa (2010) e tempo de exibição de tela, e sobrepeso e obesidade entre escolares chineses.	N= 105.246 escolares, 07 a 19 anos (F=52%; M=48%)  China	↓ Prevalência de cumprimento das diretrizes de AFMV (34,1%). ↓ Prevalência de sobrepeso e obesidade. 65,4% Alcançaram as recomendações de tempo de tela.	
Baceviciene et al (2019) <sup>43</sup>	Associações da atividade física, prática de esportes, percepção sobre a atividade física e a aptidão física com às queixas psicossomáticas de saúde dos adolescentes em relação ao seu estilo de vida.	N= 3284 escolares, 11 a 19 anos (F=51,4%; M=48,6%) Lituânia	Atividade física e participação em esportes --  ↑ Percepção positiva de aptidão física e nível de atividade física --	↓ Índices de Queixas psicossomáticas de saúde.

Cabanas-Sanchez et al (2019) <sup>44</sup>	Associações de tempo sedentário (por acelerômetro) e tempo sedentário autorreferido com adiposidade e aptidão física em escolares. Analisar o efeito da mediação da atividade física nas associações.	N=1268 crianças e adolescentes, 8 a 18 anos Espanha	↓ Tempo sedentário (medida direta)  ↓ Tempo sedentário (medido por tempo de tela)	↔  ↔	↓ Adiposidade ↓ Nível de atividade física  ↓ Aptidão física (independente da AF)
AF mediou todas as associações entre tempo sedentário com adiposidade ou Aptidão física. Mediação > em crianças do que adolescentes.					
Tambalis et al (2018) <sup>45</sup>	Prevalência do consumo de <i>fast-food</i> e a associação entre <i>fast-food</i> e fatores de estilo de vida em uma amostra representativa de crianças e adolescentes.	N= 177.091 crianças e adolescentes, 8 a 17 anos (F=49%; M=51%) Grécia	Consumo frequente de <i>fast-food</i>  Hábitos alimentares! Sono ↓ Nível de AF ↓ Tempo de tela ↓	↔  ↔	↓ Hábitos alimentares não saudáveis  ↓ Probabilidade de ser um consumidor frequente de <i>fast-food</i> .
Cabanas-Sanchez et al (2018) <sup>1</sup>	Agrupar crianças e adolescentes conforme seus respectivos comportamentos de estilo de vida, e analisar a associação destes com a aptidão física.	N= 1197 crianças e adolescentes, 8 a 18 anos (F=600; M=597) Espanha	Níveis de AFMV ↓  Atenção para comportamentos sedentários em meninas, e nível de atividade física me meninos.	↔  ↔	↓ Aptidão física ↓ Adiposidade
Dumuid et al (2018) <sup>3</sup>	Identificar grupos de crianças com base em comportamentos de estilo de vida e comparar a adiposidade infantil entre grupos de diversos países (Austrália, Brasil, Canadá, China, Colômbia, Finlândia Índia, Quênia, Portugal, África do Sul, Inglaterra e Estados Unidos).	N = 5710 crianças, 9 a 11 anos (F=54,9%; M=45,1%)	↓ Predominância de comportamento sentado ↓ Predominância de comportamento ativo  Luminosidade ↓ AFMV ↓ Comportamento sedentário ↓	↔  ↔	↓ IMC ↓ Risco de sobrepeso/obesidade ↓ RCE  ↓ % média de gordura corporal e adiposidade ↓ IMC ↓ Risco de sobrepeso/obesidade
Menezes et al (2018) <sup>46</sup>	Correlacionar o tempo de tela com os níveis de aptidão física relacionada à saúde, sexo e somatório de dobra cutânea de escolares do ensino médio.	N = 160 adolescentes, 14 a 17 anos (F=86; M=74) Brasil	Tempo de comportamento sedentário ↓	↔	↓ Adiposidade ↓ Excesso de peso ↓ Aptidão física
Morita et al (2016) <sup>47</sup>	Relação entre obesidade, aptidão física e desempenho acadêmico em estudantes japoneses após o controle de fatores socioeconômicos e comportamentais.	N = 315 crianças, 12 a 13 anos (F=152; M=163) Japão	Aptidão física (meninos) ↓ Status de Obesidade (meninas) ↓  Sobrepeso/Obesidade ↓	↔  ↔	↓ Desempenho acadêmico  ↓ Desempenho acadêmico
Bai et al (2016) <sup>48</sup>	Associações da atividade física e do tempo de tela com o peso e a aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes.	N = 1114 crianças, 06 a 15 anos (F=558; M=556) Estados Unidos	Tempo de tela ↓  Nível de atividade física ↓	↔  ↔	↓ Sobrepeso/obesidade  ↓ APCR (independente do tempo de tela)
O tempo de tela é um fator mais forte do que a atividade física na predição do estado nutricional em crianças e adolescentes.					
Herman et al (2015) <sup>49</sup>	Avaliar a adiposidade em crianças classificadas em alto nível de atividade física ou altamente sedentárias.	N = 520 crianças, 08 a 10 anos (F=241; M=279) Canadá	Nível de atividade física ↓ + Nível de Sedentarismo ↓  Crianças ativas que acumulam mais de 2 h/dia de tempo de tela e crianças inativas têm a mesma probabilidade de apresentar sobrepeso / obesidade.	↔  ↔	↓ Adiposidade (mediadas por aptidão física)
Drenowatz et al (2014) <sup>50</sup>	Efeitos combinados da participação em esportes, condicionamento físico e tempo gasto em comportamento sedentário na composição corporal de crianças do ensino fundamental.	N = 1594 crianças, 7,1±0,6 anos (F=785; M=809) Alemanha	Participação esportiva ↓ + Tempo de TV ↓  Tempo de TV ↓ + ↓ condicionamento físico	↔  ↔	Melhora no estado nutricional por percentil.  ↓ Chances para sobrepeso / obesidade
Tempo de TV e o condicionamento físico tem uma influência mais forte no estado nutricional em comparação com a participação em esportes.					

Andrade et al (2014) <sup>51</sup>	Efeitos de uma intervenção de promoção da saúde na escola sobre a aptidão física, após 28 meses, e avaliar os efeitos no tempo de tela, atividade física e IMC/estado nutricional.	N = 1378 adolescentes, 15,1±0,7 anos (F=63,2%; M=36,8%) Equador	A proporção de escolas que atenderam às recomendações de atividade física aumentou 37% em escolas de intervenção.  Melhora da aptidão física, e consequente redução nos declínios de nível de atividade física de escolares.		
Arango et al (2014) <sup>5</sup>	Associação entre tempo de tela, circunferência da cintura e IMC/estado nutricional, e a relação com a aptidão cardiorrespiratória de adolescentes.	N = 546 adolescentes, 14,4±0,2 anos (F=268; M=278) Colômbia		Tempo de tela ↓ (meninos)	↔ ↑ Circunferência da cintura ↑ IMC
				APCR ↓ (meninas)	↔ ↑ IMC.
Drenowatz et al (2013) <sup>6</sup>	Associação da aptidão física, participação em esportes, atividade física e comportamento sedentário, bem como padrões alimentares em crianças.	N = 1259 crianças, 7,0±0,6 anos (F=614; M=635) Alemanha		Peso ↓	↔ ↑ Nível atividade física ↓ Transporte ativo Ausência de café da manhã. ↑ Condicionamento físico
Wethington et al (2013) <sup>52</sup>	Associação de exceder as recomendações de tempo de tela e a presença de um televisão no quarto com a obesidade.	N = 52421 escolares, 06 a 17 anos (F=47,3%; M=52,7%) Estados Unidos		Possuir TV no quarto	↔ ↑ Tempo de tela
				Tempo excessivo de tela + TV no quarto	↔ ↑ Obesidade
Aggio et al (2012) <sup>53</sup>	Alterações e associações longitudinais no tempo de tela e da atividade física com a aptidão cardiorrespiratória, após dois anos.	N = 1500 escolares, 11,5±0,5 anos Inglaterra		Tempo de tela ↓ (infância)	↔ ↑ APCR adolescência (preditor independente)
				AFMV ↓ Estado nutricional ↓	↔ ↑ APCR adolescência (Preditor)
			25% dos participantes passou de um tempo de tela diário baixo para alto (≥2 h) em um período de 2 anos.		
Machado-Rodrigues et al (2011) <sup>54</sup>	Associação entre aptidão cardiorrespiratória e a área de residência para diversos correlatos em adolescentes.	N = 362 adolescentes, 13 a 16 anos (F=197; M=165) Portugal		AFMV Estado nutricional	↔ Preditores de APCR
				Moradores de zona rural	↔ ↑ Classificação da APCR
Aires et al (2011) <sup>55</sup>	Associações da aptidão cardiorrespiratória com a atividade física, tempo de tela, modo de deslocamento para a escola e adiposidade, por sexo.	N = 1078 escolares, 11 a 19 anos (F=53,8%; M=46,3%) Portugal		APCR ↓	↔ ↑ Nível Atividade física, ↑ Maturação ↑ Deslocamento ativo para a escola ↑ Tempo de televisão ↑ Adiposidade.
Aires et al (2010) <sup>56</sup>	Associações longitudinais das alterações na aptidão física, nível de atividade física, tempo de tela e deslocamento para a escola com as alterações no IMC ao longo de três anos.	N = 345 escolares, 11 a 16 anos (F=198; M=147) Portugal		APCR ↓	↔ ↑ IMC
				Aptidão física ↓ (destaque para APCR e força abdominal)	↔ ↑ Risco de sobrepeso/ obesidade
Ullrich-French et al (2010) <sup>57</sup>	Associação da aptidão cardiorrespiratória com marcadores de saúde relacionados ao peso e pressão arterial em uma amostra de adolescentes, e a relação destes com o comportamento sedentário.	N = 153 escolares, 11 a 15 anos (F=56%; M=44%) Estados Unidos		Tempo de tela ≤ 2h/dia	↔ ↑ IMC ↑ Pressão arterial sistólica



# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://www.juntadeandalucia.es/deporte/ramd>



Caso Clínico

## Gonalgia crónica por lipoma arborescente de rodilla. A propósito de un caso

Blanca Sánchez-Galindo<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Centro de Salud Zona VIII, Servicio de Salud de Castilla La Mancha, Albacete, España



INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 10 de julio de 2022, aceptado el 24 de octubre de 2022

### RESUMEN

El lipoma arborescente es una patología poco frecuente que puede afectar a diferentes articulaciones, principalmente a la rodilla. Es importante tenerla presente dentro del diagnóstico diferencial en casos de pacientes que presenten gonalgia crónica asociada a derrames de repetición sin traumatismo previo asociado.

**Palabras clave:** Lipoma; Articulación de la rodilla; Dolor.

### Chronic knee pain due to arborescent lipoma. About a case

#### ABSTRACT

Arborescent lipoma is a rare pathology that can affect different joints, the most affected being the knee. It is important to keep it in mind in the differential diagnosis of patients with chronic knee pain associated with recurrent effusions without prior associated trauma that required arthroscopic synovectomy to resolve the symptoms.

**Keywords:** Lipoma; Knee joint; Pain.

### Dor crônica no joelho devido a lipoma arborescente do joelho. Sobre um caso

#### RESUMO

O lipoma arborescente é uma patologia rara que pode afetar diferentes articulações, sendo o joelho a mais afetada. É importante tê-lo em mente no diagnóstico diferencial de pacientes com dor crônica no joelho associada a derrames repetidos sem trauma prévio associado que necessitaram de sinovectomia artroscópica para desaparecimento dos sintomas.

**Palavras-chave:** Lipoma; Articulação do joelho; Dor.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [bblankasan@gmail.com](mailto:bblankasan@gmail.com) (B. Sánchez-Galindo).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2023.08.001>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2023 Consejería de Turismo, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Introducción

El lipoma arborescente es una lesión articular rara de etiología desconocida, caracterizada por la proliferación hiperplásica de tejido graso maduro que reemplaza la capa conectiva subsinovial en forma de proliferaciones vellosas y se asocia con derrames crónicos. Es más frecuente en hombres de mediana edad (50 – 60 años) y se mantiene como una tumefacción de larga evolución asociada a derrame articular, dolor y limitación funcional<sup>1</sup>. En ocasiones se asocia a enfermedades inflamatorias crónicas como artrosis, artritis reumatoide, artritis psoriásica y gota<sup>2</sup>. También se puede asociar a traumatismos articulares repetitivos como los que se pueden producir en determinados deportes como el fútbol, rugby o en corredores de maratón, entre otros<sup>3</sup>.

Esta rara entidad, de etiología desconocida<sup>4</sup> afecta generalmente a la articulación de la rodilla, pudiendo ser bilateral e incluso afectar a múltiples articulaciones. También se han descrito en hombro o en cadera, entre otras. El diagnóstico se basa en los hallazgos de la resonancia magnética nuclear (RMN) y los resultados de la biopsia sinovial. Esta afectación debe de incluirse en el diagnóstico diferencial de los derrames articulares crónicos y en pacientes con dolor mecánico con disminución del rango de movilidad, estableciéndose el diagnóstico mediante RMN de la causa subyacente de los derrames crónicos<sup>2</sup>. El tratamiento de esta entidad consiste en la sinovectomía, que puede realizarse bien por vía laparoscópica o bien mediante artrotomía<sup>5</sup>.

## Caso Clínico

Presentamos el caso de un varón de 30 años, jugador de fútbol sala semiprofesional que practicaba 12 horas/semanales, que acude a la consulta de su médico de familia por dolor a nivel de rodilla derecha asociado a derrames de repetición de varios meses de evolución.

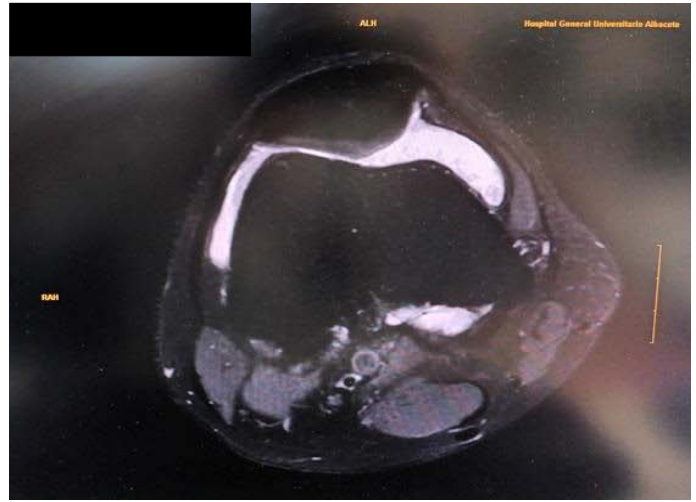
En la exploración física observamos aumento del tamaño de la articulación de la rodilla debido al derrame, con signo del peloteo positivo.

Como pruebas complementarias se solicitaron inicialmente una analítica de sangre, radiografía de rodilla y análisis del líquido sinovial tras la realización de la artrocentesis, sin observarse hallazgos significativos en ninguna de las pruebas.

Posteriormente, se solicitó una ecografía en la que se observó una colección líquida en la bolsa subcuadricepsal y recesos laterales biloculada que impresionó de un quiste sinovial (Figura 1). A continuación, dada la persistencia de la gonalgia y a los derrames de repetición se realizó una RMN, en la que se observó derrame articular con múltiples proliferaciones en la superficie sinovial de señal grasa en T1 compatible con metaplasia grasa sinovial/lipoma arborescente (Figura 2).



**Figura 1.** Imagen ecográfica de rodilla en la que se observa una colección líquida en la bolsa subcuadricepsal.



**Figura 2.** Imagen de RMN evidenciando la presencia de unas vellosidades hipointensas en la superficie sinovial.

Por lo que se realizó interconsulta al servicio de Traumatología quien procedió a la intervención del paciente realizándose una sinovectomía artroscópica, con posterior análisis de la pieza, confirmando el diagnóstico anatomopatológico que se trataba de un lipoma arborescente.

Tras la intervención, el paciente presentó una evolución favorable con desaparición del dolor de rodilla y de los derrames articulares de repetición, pudiendo volver a su actividad deportiva sin presentar derrames de repetición ni dolor en dicha articulación.

## Discusión

El lipoma arborescente es una proliferación vellosa sinovial en la que ocurre una sustitución grasa del tejido subsinovial. La forma primaria es poco frecuente y se asocia con pacientes más jóvenes, mientras que la forma secundaria se asocia con procesos degenerativos como la artritis reumatoide, la artritis psoriásica, los traumatismos articulares repetidos, como sería el caso de nuestro paciente al ser jugador profesional de fútbol sala o incluso la artritis séptica. Su etiología no es del todo conocida, pero se considera que se trata de un proceso reactivo de la sinovial a estímulos inflamatorios o traumáticos<sup>3</sup>.

Su presentación suele ser monoarticular, afectando principalmente al receso suprapatelar de la rodilla, aunque puede afectar a otras articulaciones como el hombro, la mano, el codo, el tobillo y la cadera<sup>4</sup>.

Los pacientes que presentan esta patología pueden presentar uno o más de los siguientes síntomas, que suelen ser lentamente progresivos: edema, dolor, episodios intermitentes de derrame articular y limitación del rango de movilidad. Los síntomas son recidivantes, con exacerbaciones intermitentes causadas por atrapamiento mecánico de las vellosidades lipomatosas dentro del espacio articular<sup>6</sup>.

En cuanto a hallazgos analíticos es posible observar elevación de la VSG y de la PCR, siendo el resto normal. En la artrocentesis el líquido que se evacua es claro y de características mecánicas, negativo para células, cristales y microorganismos<sup>7</sup>.

En la radiografía simple se pueden observar áreas radiolucidas sugestivas de la presencia de grasa en los espacios articulares y con menos frecuencia erosiones óseas<sup>3</sup>.

La prueba más utilizada para el diagnóstico de esta patología es la resonancia magnética (RMN), que se caracteriza por la aparición de una tumoración de aspecto frondoso con comportamiento de señal similar a la grasa en todas las secuencias. La sinovial subyacente inflamada puede realzar si se administra contraste intravenoso<sup>1</sup>.

La imagen típica de esta lesión en la RMN es suficiente para el diagnóstico, aunque en casos de duda puede ser necesario la confirmación anatomopatológica mediante la biopsia<sup>3</sup>.

Se debe de establecer el diagnóstico diferencial con la artropatía amiloidea, que aparece en el contexto de una amiloidosis sistémica y se aislaría sustancia amiloide, en la cual también se pueden observar derrames articulares crónicos y limitación para la movilización de la articulación, además de pseudihipertrofia por la infiltración amiloide de los músculos y compromiso periarticular por edema de tejidos blandos secundario a hipertrofia nodular del sinovio directamente infiltrado por amiloide<sup>8</sup>, con la condromatosis rotuliana, donde se observarían cuerpos óseos intraarticulares en la radiografía que se forma tras un proceso de metaplasia condroide de la membrana sinovial produciendo múltiples nódulos cartilaginosos dentro del tejido conectivo de la membrana sinovial de la articulación afecta que produce dolor derrames articulares de repetición y bloqueos de repetición<sup>9</sup>, la artropatía hemofílica que se asocia con deformidad e inflamación importante de la articulación, pudiendo a largo plazo provocar degeneración articular importante en incluso una anquilosis total, esto se produce especialmente en paciente que presenten alteraciones de la coagulación como hemofilia<sup>10</sup> y principalmente se debe de realizar el diagnóstico diferencial con la sinovitis villonodular, en la que se detectan depósitos de hemosiderina en el espacio articular que macroscópicamente se ven como una masa de color café y en la RMN se observa como una señal hipointensa en T2 a diferencia del lipoma arborescente en el que se observa una tumoración de aspecto frondoso con señal similar a la grasa<sup>7</sup>.

El tratamiento de elección en los casos de lipoma arborescente sintomático es la sinovectomía, que puede realizarse de manera abierta o artroscópica<sup>7</sup>.

Esta patología presenta buen pronóstico al carecer de capacidad de malignización y presentar escasa tasa de recurrencia si se realiza su exéresis completa, sin embargo, si no se trata de manera precoz puede contribuir a la aparición de la osteoartritis degenerativa y provocar en el paciente dolor crónico en la articulación afecta de forma crónica y precisar de opioides para control del dolor y limitar la práctica deportiva por dicho dolor<sup>7</sup>.

**Autoría.** La autora asume la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, está de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Conflicto de intereses.** La autora declara no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: La autora declara que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: La autora declara que ha seguido los protocolos establecidos por su centro para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: La autora declara que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

## Bibliografía

1. [Rodríguez A, Martínez A, Ríos A, Méndez C, Soler R. Tumores articulares y periarticulares: diagnóstico diferencial con resonancia magnética. Radiología. 2012; 54 \(1\): 21-44.](#)
2. [Pinto T, Brandao J, Freire M, Bellaguarda B, Silva FA, Euzébio SL. Primary lipoma arborescens of the knee. Eur J Rheumatol. 2017; 4: 219-21.](#)
3. [Zurriaga J, Mudarra J, Torres E, Mata D, Mifsut D, Silvestre A. Lipoma arborescente como causa de dolor articular de hombro y rodilla. Actualización bibliográfica y revisión de cinco casos. Rev Esp Artrosc Cir Articul. 2019; 26 \(2\): 129-35.](#)
4. [García JP, Salcedo C, Lisón A, Alarcón A. Sinovitis crónica monoarticular resistente a tratamiento: lipoma arborescente. An Pediatr. 2010; 73 \(3\): 154-6.](#)
5. [Dalla J, Nogales JJ. Large intra-articular true lipoma of the knee. BMC Musculoskelet Disord. 2019; 20:110.](#)
6. [De Vleeschhouwer M, Van Den Steen E, Vanderstraeten G, Huysse W, De Neve J, Vanden Bossche L. Lipoma arborescens: review of an uncommon cause of swelling of the knee. Case Rep Orthop. 2016. Article ID 9538075.](#)
7. [Candau S, Carro A. Lipomatosis arborescente: a propósito de un caso. Rev Sociedad Val Reuma. 2018; 7 \(3\): 26-7.](#)
8. [Toro CE, Quintana MA, Restrepo JF, Rondón F, Páez O, Gamarra AI. Manifestaciones osteoarticulares por amiloidosis sistémica. Rev Colomb Reumatol. 2007; 14 \(4\): 297-309.](#)
9. [Barrera AD, Lopera MF, Nieva M, Quatrocchio M, Cotarelo M. Condromatosis sinovial de rodilla – Tratamiento artroscópico. Artroscopia. 1996; 3 \(6\): 344-8.](#)
10. [Molina M, Chaverri S, Wong M. Generalidades de la artropatía hemofílica y la importancia del manejo en rehabilitación. Rev CI EMed UCR. 2014; 4: 18-25](#)





# Junta de Andalucía

Consejería de Turismo, Cultura y Deporte

## CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

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

Teléfono  
955 540 186

Fax  
955 540 623

e-mail  
[camd.ced@juntadeandalucia.es](mailto:camd.ced@juntadeandalucia.es)