

# Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte



## ORIGINALES

Valores de referencia de actividad de creatinquinasa en un grupo de deportistas de alto rendimiento

Performance of young female ballet dancers' dominant and non-dominant lower limbs during hop and Y-balance testing

Rehabilitación mediante ejercicio de alta intensidad en las fases tempranas del ictus: revisión sistemática y metaanálisis

Detección temprana de aumento de presión arterial y su relación con la dermatoglia dactilar en futbolistas jóvenes de la ciudad de Bogotá

Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica







**UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia**

Campus de los Jerónimos,  
Nº 135 Guadalupe 30107

(Murcia) - España

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



**UCAM**  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE MURCIA





Sociedad Española de Medicina del Deporte

**Junta de Gobierno**

**Presidente**

Miguel Enrique del Valle Soto

**Vicepresidente**

Gonzalo María Correa González

**Secretario General**

Luis Franco Bonafonte

**Tesorero**

Javier Pérez Ansón

**Vocales**

Ostaiska Eguia Lecumberri

Francisco Javier Rubio Pérez

M<sup>a</sup> Concepción Ruiz Gómez

**Ex-Presidente**

Pedro Manonelles Marqueta

**Edita**

Sociedad Española de Medicina del Deporte

C/ Cánovas nº 7, local

50004 Zaragoza (España)

Tel. +34 976 02 45 09

femede@femede.es

www.femede.es

**Correspondencia:**

C/ Cánovas nº 7, local

50004 Zaragoza (España)

archmeddeporte@semede.es

http://www.archivosdemedicinadeldeporte.com/

**Publicidad**

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

**Publicación bimestral**

Un volumen por año

**Depósito Legal**

Zaragoza. Z 988-2020

**ISSN**

0212-8799

**Soporte válido**

Ref. SVR 389

**Indexada en:** EMBASE/Excerpta Medica, Índice

Médico Español, Sport Information Resource

Centre (SIRC), Índice Bibliográfico Español de

Ciencias de la Salud (IBECS),

Índice SJR (SCImago Journal Rank), y SCOPUS

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

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

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

# Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

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

**Director**

Pedro Manonelles Marqueta

**Editor**

Miguel E. Del Valle Soto

**Administración**

Melissa Artajona Pérez

**Adjunto a dirección**

Oriol Abellán Aynés

**Comité Editorial**

**Norbert Bachl.** Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Araceli Boraita.** Servicio de Cardiología. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de deportes. España. **Mats Borjesson.** University of Gothenburg. Suecia. **Josep Brugada Terradellas.** Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. España. **Maria Cascais.** Presidenta de la Sociedade Portuguesa de Medicina Desportiva. Lisboa (Portugal). **Ana Cintrón-Rodríguez.** Puerto Rico. Departamento de Medicina Física y Rehabilitación VA Caribbean Healthcare System. San Juan. Puerto Rico. **Nicolas Christodoulou.** President of the UEMS MJC on Sports Medicine. Chipre. **Demitri Constantinou.** University of the Witwatersrand. Johannesburgo. Sudáfrica. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. España. **Walter Frontera.** Universidad de Vanderbilt. Past President FIMS. Estados Unidos. **Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea.** Médico responsable nutrición y fisiología del esfuerzo. Hospital Quirón. San Sebastián. **Dusan Hamar.** Research Institute of Sports. Eslovaquia. **José A. Hernández Hermoso.** Servicio COT. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. España. **Pilar Hernández Sánchez.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Anca Ionescu.** University of Medicine "Carol Davila". Bucarest. Rumanía. **Markku Jarvinen.** Institute of Medical Technology and Medical School. University of Tampere. Finlandia. **Anna Jegier.** Medical University of Lodz. Polonia. **Peter Jenoure.** ARS Ortopedica, ARS Medica Clinic, Gravesano. Suiza. **José A. López Calbet.** Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. **Javier López Román.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Lucía Mulas.** Universidad Europea de Madrid. España. **Emilio Luengo Fernández.** Director de la Escuela de Cardiología de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. España. **Nicola Maffully.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **Alejandro Martínez Rodríguez.** Universidad de Alicante. España. **Estrella Núñez Delicado.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Sakari Orava.** Hospital Universitario. Universidad de Turku. Finlandia. **Eduardo Ortega Rincón.** Universidad de Extremadura. España. **Nieves Palacios Gil-Antuñano.** Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes. España. **Antonio Pelliccia.** Institute of Sport Medicine and Science. Italia. **Fabio Pigozzi.** University of Rome Foro Italico, President FIMS. Italia. **Yannis Pitsiladis.** Centre of Sports Medicine. University of Brighton. Inglaterra. **Per Renström.** Stockholm Center for Sports Trauma Research, Karolinska Institutet. Suecia. **Juan Ribas Serna.** Universidad de Sevilla. España. **Peter H. Schober.** Medical University Graz. Austria. **Jordi Segura Noguera.** Presidente Asociación Mundial de Científicos Antidopajes (WAADS). España. **Giulio Sergio Roi.** Universidad de Bolonia. Italia. **Luis Serratos Fernández.** Jefe del Servicio de Rehabilitación, Fisioterapia y Medicina del Deporte del Hospital Universitario Quirón Madrid. España. **Nicolás Terrados Cepeda.** Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. España. **José Luis Terreros Blanco.** Director de la Agencia Estatal Comisión Española para la Lucha Antidopaje en el Deporte. CELAD. **Rosa Ventura Alemany.** Directora del Laboratorio Antidopaje de Cataluña (IMIM). **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza. **Petra Zupet.** IMS Institute for Medicine and Sports. Liubliana. Eslovenia.



UCAM  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE MURCIA



# Archivos

## de medicina del deporte

Volumen 40(6) - Núm 218. Noviembre - Diciembre 2023 / November - December 2023

### Sumario / Summary

#### Editorial

<b>La conmoción cerebral relacionada con el deporte (SRC). Problemática actual e implicaciones del médico deportivo</b> <b><i>Sport-related concussion (SRC). Current challenges and implications for team doctors</i></b> Juan José Ramos Álvarez .....	323
--	-----

#### Originales / Original articles

<b>Valores de referencia de actividad de creatinquinasa en un grupo de deportistas de alto rendimiento</b> <b><i>Creatine kinase activity reference values in a group of high-performance athletes</i></b> Adrián Aymard, Melina Y. Pinheiro, Silvia E. Louzán, Agustina Peverini, Adriana J. Oneto, Claudio Aranda .....	326
<b>Performance of young female ballet dancers' dominant and non-dominant lower limbs during hop and Y-balance testing</b> <b><i>Rendimiento de las extremidades inferiores dominantes y no dominantes de jóvenes bailarinas de ballet durante hop test y Y-balance testing</i></b> Melissa Talita Wiprich, Eduarda Agatti, Eliana Varela de Castro, Gerson Saciloto Tadiello, Leandro Viçosa Bonetti.....	332
<b>Rehabilitación mediante ejercicio de alta intensidad en las fases tempranas del ictus: revisión sistemática y metaanálisis</b> <b><i>Rehabilitation with high intensity training in the early phases of stroke: a systematic review and meta-analysis</i></b> Pedro Díez Solórzano, Iria Causín Fórneas, Iris Ontanilla Bayón, Ana Pedruelo Fraile, María Medina-Sánchez, Hugo Olmedillas.....	339
<b>Detección temprana de aumento de presión arterial y su relación con la dermatoglia dactilar en futbolistas jóvenes de la ciudad de Bogotá</b> <b><i>Early detection of high blood pressure in university football players and its relation to fingerprints dermatoglyphics in Bogota city</i></b> Laura E. Castro Jiménez, Wilson D. Gutiérrez Pérez, Diego A. Becerra Pedraza, Camila A. Ortiz Corchuelo, Cristian D. Yagama Parra, Yenny P. Arguello Gutiérrez, Isabel A. Sánchez .....	349
<b>Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica</b> <b><i>Analysis of respiratory equivalent response for gases. Physiological significance</i></b> Francisco Javier Calderón Montero .....	354

Índices año 2023 .....	361
------------------------	-----

Revisores 2023 .....	370
----------------------	-----

Normas de publicación / Guidelines for authors .....	371
--	-----



# La conmoción cerebral relacionada con el deporte (SRC). Problemática actual e implicaciones del médico deportivo

## *Sport-related concussion (SRC). Current challenges and implications for team doctors*

Juan José Ramos Álvarez

Especialista en Medicina de la E. F. y el Deporte. Director de la Escuela de Medicina Deportiva de la Universidad Complutense de Madrid.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00149

La conmoción cerebral relacionada con el deporte "sport-related concussion" (SRC) es definida en el 6º consenso internacional sobre conmoción cerebral, celebrado en Ámsterdam, 2022<sup>1</sup>, como una lesión cerebral traumática causada por un golpe directo en la cabeza, el cuello o el cuerpo que produce una fuerza impulsiva que se transmite al cerebro que ocurre en los deportes y actividades relacionadas con el ejercicio. Esto provoca una cascada metabólica con posible lesión axonal, cambios en el flujo sanguíneo y fenómenos inflamatorios que afectan al cerebro, manifestándose en un conjunto de síntomas y signos que pueden presentarse inmediatamente o evolucionar en minutos y horas y a veces pueden prolongarse en el tiempo, estos síntomas y signos no implican pérdida de conciencia y no presentan alteraciones en la neuroimagen por RM, aunque se pueden presentar anomalías en los parámetros funcionales, del flujo sanguíneo o metabólicos<sup>1</sup>.

La SRC presenta mayor incidencia en deportes de contacto como el boxeo, el fútbol, el hockey hielo o el rugby, alcanzando en este último deporte una incidencia de hasta 17,1 conmociones por 1.000 horas de juego<sup>2</sup>.

La SRC puede tener consecuencias sobre el deportista a corto, medio y largo plazo. En una fase aguda se ha asociado a un mayor riesgo de lesiones musculares, producto de un menor control motor después de una conmoción<sup>3</sup> e incluso puede aumentar el riesgo de un desenlace fatal si se produjera una segunda conmoción cercana en el tiempo<sup>4</sup>. A medio plazo en algunos deportistas pueden persistir síntomas por un periodo de tiempo que excede las 2 semanas siendo la cefalea el principal síntoma e incluso llegar a presentar cefalea post-conmoción por más de 3 meses<sup>5</sup>. En relación a los efectos de la SRC a largo plazo, las conmociones reiteradas en una misma persona se han relacionado con la encefalopatía traumática crónica, sin embargo, esta asociación aún no está del todo demostrada<sup>6</sup>.

El diagnóstico temprano de la SRC y el adecuado manejo permite acelerar el tiempo de recuperación y disminuir el riesgo de complicacio-

nes u otras lesiones cerebrales y musculoesqueléticas<sup>7</sup>. La ausencia de pruebas objetivas de imagen hace más complicado el diagnóstico de esta lesión. Recientemente se han publicado los criterios diagnósticos del daño cerebral traumático leve<sup>8</sup> no sólo para los traumatismos en el ámbito deportivo, sino también en el ámbito civil y militar, estableciendo diferentes criterios que ayudarían a realizar el diagnóstico diferencial. Estos criterios incluyen: 1) el mecanismo lesional, 2) la sintomatología aguda, 3) el examen clínico y hallazgos de laboratorio, 4) pruebas de neuroimagen y 5) descartar aquella sintomatología que pudiera explicarse mejor por otras posibles causas<sup>8</sup>.

En relación a las pruebas complementarias que pudieran aplicarse para el diagnóstico, pronóstico, marcadores de recuperación y posibles complicaciones del SRC, se están diseñando diferentes pruebas: análisis de biomarcadores en fluidos corporales (microRNAs, proteína ácida gliofibrilar (GFAP), Tau total, microneurofilamentos ligeros (NFL)... , neuroimagen avanzada (RM funcionales), EEG, pupilometrías... Todas estas pruebas podrían permitir la detección de alteraciones biológicas persistentes después de la recuperación observada clínicamente. Sin embargo, estas técnicas no se incluyen en la práctica clínica habitual, ya que la mayoría se encuentra en fase de investigación y además se desconoce si las posibles alteraciones encontradas son patológicas, adaptativas o benignas y los datos aportados hasta la fecha son insuficientes para vincular el cambio neurobiológico con los indicadores clínicos de recuperación<sup>9</sup>. Por tanto, actualmente, la SRC sigue siendo un diagnóstico principalmente clínico. Ante este problema se vienen celebrando diferentes consensos internacionales de expertos, para diseñar herramientas estandarizadas que ayuden a los médicos del deporte en el manejo del SRC. Recientemente se ha publicado el *Sport concussion assessment tool - 6* (SCAT6)<sup>10</sup>, existiendo una versión para niños (SCAT 6 infantil) Esta herramienta permite realizar una evaluación multimodal de los deportistas con sospecha de SRC, Incluyendo una

**Correspondencia:** Juan José Ramos Álvarez

E-mail: jjramosa@med.ucm.es

evaluación inmediata a pie de campo en varios pasos: establece unas señales de alarma (banderas rojas), la escala de coma de Glasgow, una evaluación de la columna cervical, un examen de coordinación, un examen ocular motor y una evaluación de memoria. Posteriormente, una evaluación fuera del campo que incluye los antecedentes del deportista, la evaluación de los síntomas, el examen cognitivo, el examen de coordinación y equilibrio, la memoria diferida, para finalmente poder tomar una decisión. Es una herramienta diseñada para ser utilizada en la fase aguda, idealmente dentro de las 72 horas y hasta 7 días después de la lesión. Para la evaluación después de varios días, se recomienda utilizar el SCOAT 6<sup>11</sup>, que incluiría la evaluación de síntomas y signos neurológicos, la función cognitiva, el equilibrio, la tensión arterial ortostática y la frecuencia cardíaca, la exploración columna cervical, la función ocular motora y visual, una prueba de esfuerzo estandarizada para conmoción cerebral y el estudio psicológico y neuropsicológico<sup>9</sup>.

En consonancia con todo lo anterior, se deriva que el diagnóstico y el manejo de la SRC es complejo y en ocasiones, requiere de equipos multidisciplinares. En la práctica, supone un problema añadido para el médico del deporte, que precisa realizar el diagnóstico a pie de campo y en el menor tiempo posible. En este sentido, diversas federaciones internacionales han diseñado protocolos de actuación ante una sospecha SRC.

World Rugby, pionera en este campo, utiliza un protocolo para el manejo de la lesión en la cabeza en el rugby (HIA)<sup>12</sup>. Dicho protocolo está dividido en cuatro etapas: HIA 1) Evaluación fuera del campo, que se realiza por evaluación directa y visualización de video, si un jugador cumple criterios de abandono inmediato no necesitaría más medios de evaluación para ser retirado (criterio 1). Para la realización completa de este protocolo el médico encargado de la evaluación dispondrá de un mínimo de 12 minutos, en los que no podrá retornar al campo (criterio 2). HIA 2) Se realiza a las 3 horas de terminado el partido y se podrá utilizar la herramienta SCAT 6. HIA 3) Se realiza a las 36-48 horas después del evento y se recomienda utilizar la herramienta SCAT-6 y una herramienta neurocognitiva computarizada a elección de cada equipo. HIA 4) Autorización para volver al juego completo después de completar la rehabilitación, incluyendo en su historia clínica el tiempo de recuperación.

La FIFA también presenta un protocolo de manejo del SRC en el fútbol<sup>13</sup>, que lo divide en 8 etapas que abarcan: 1) Observación y detección. 2) Reconocimiento preliminar (a pie de campo), en estas etapas también se realizarán con evaluación directa y visionado de video. 3 y 4) Reconocimiento fuera del terreno de juego/en zona apartada. 5 a 7) Reconocimientos y observación pospartido, entre las 18 y 72 horas posteriores al evento, y 8) Regreso paulatino a la actividad deportiva.

En todos los casos el responsable del manejo y seguimiento del SRC es el médico del equipo y no dispone en la mayoría de las ocasiones de los medios necesarios para cumplir los protocolos diagnósticos (exámenes de video entre otros), lo que aumenta la dificultad en el manejo de SRC y su diagnóstico precoz a pie de campo. Aunque todos los estamentos deportivos coinciden, que, ante la sospecha de un SRC, el médico tiene la autoridad para imponer que el jugador abandone el terreno de juego, hay que tener en cuenta, que, en muchas ocasiones,

el deportista aparentemente se encuentra bien y tanto él como los técnicos del equipo no ven motivos para que el jugador tenga que retirarse. Esto añadiría más presión en la toma de decisiones. Por estas razones, en el momento actual, existe alguna controversia en el manejo de la conmoción cerebral a pie de campo. Por un lado, organizaciones deportivas, abogan por que se autorice el cambio temporal, que daría tiempo a que el médico pudiera hacer una exploración más compleja. Pero, por otro, si la exploración diera un falso negativo, se incrementaría el riesgo para el jugador, por esta razón otras organizaciones, prefieren el cambio permanente, sin posibilidad de retornar al juego, aunque el resultado pudiera ser negativo.

Por tanto, la mayor limitación con la que se encuentra el médico del deporte, a pie de campo, radica en no disponer de marcadores objetivos para el diagnóstico inmediato del SRC. Por lo que, en cualquier caso, es deseable que todos los profesionales involucrados en el deporte (técnicos, jugadores, árbitros, prensa...) colaboren en el manejo del mismo, lo que facilitaría la labor del personal sanitario y sería beneficioso para minimizar las posibles consecuencias del SRC, a corto, medio y largo plazo.

## Bibliografía

1. Patricios JS, Schneider KJ, Dvorak J, Ahmed OH, Blauwet C, Cantu RC, et al. Consensus statement on concussion in sport: the 6th International Conference on Concussion in Sport-Amsterdam, October 2022. *Br J Sports Med.* 2023;57(11):695-711.
2. Prien A, Gräfe A, Rössler R, Junge A, Verhagen E. Epidemiology of Head Injuries Focusing on Concussions in Team Contact Sports: A Systematic Review. *Sports Med.* 2018;48(4):953-69.
3. Chmielewski TL, Tatman J, Suzuki S, Horodyski M, Reisman DS, Bauer RM, et al. Impaired motor control after sport-related concussion could increase risk for musculoskeletal injury: Implications for clinical management and rehabilitation. *J Sport Health Sci.* 2021;10(2):154-61.
4. Engelhardt J, Brauge D, Loiseau H. Second Impact Syndrome. Myth or reality? *Neurochirurgie.* 2021;67(3):265-75.
5. Ashina H, Porreca F, Anderson T, Amin FM, Ashina M, Schytz HW, et al. Post-traumatic headache: epidemiology and pathophysiological insights. *Nat Rev Neurol.* 2019;15(10):607-17.
6. Misch MR, Raukar NP. Sports Medicine Update: Concussion. *Emerg Med Clin North Am.* 2020;38(1):207-22.
7. Patricios JS, Ardern CL, Hislop MD, Aubry M, Bloomfield P, Broderick C, et al. Implementation of the 2017 Berlin Concussion in Sport Group Consensus Statement in contact and collision sports: a joint position statement from 11 national and international sports organisations. *British journal of sports medicine.* 2018;52(10):635-41.
8. Silverberg ND, Iverson GL, members ABISIGMTTF, Cogan A, Dams OCK, Delmonico R, et al. The American Congress of Rehabilitation Medicine Diagnostic Criteria for Mild Traumatic Brain Injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2023;104(8):1343-55.
9. Patricios JS, Schneider GM, van Ierssel J, Purcell LK, Davis GA, Echemendia RJ, et al. Beyond acute concussion assessment to office management: a systematic review informing the development of a Sport Concussion Office Assessment Tool (SCOAT6) for adults and children. *Br J Sports Med.* 2023;57(11):737-48.
10. Echemendia RJ, Brett BL, Broglio S, Davis GA, Giza CC, Guskiewicz KM, et al. Sport concussion assessment tool - 6 (SCAT6). *Br J Sports Med.* 2023;57(11):622-31.
11. Patricios J, Schneider GM, van Ierssel J, Purcell LK, Davis GA, Echemendia RJ, et al. Sport Concussion Office Assessment Tool - 6. *Br J Sports Med.* 2023;57(11):651-67.
12. World R. Head injury assessment 2024 [Available from: <https://resources.worldrugby-rims.pulselive.com/worldrugby/document/2024/01/17/7cf72fa9-eb2e-4046-a5a8-1d3068d4503f/HIA-protocol-2024.pdf>
13. FIFA. FIFA Medical Concussion Protocol 2022 [Available from: <https://digitalhub.fifa.com/m/11dc529ca641c307/original/FIFA-Medical-Concussion-Protocol.pdf>.



# Analizador Instantáneo de Lactato Lactate Pro 2

arkray  
LT-1730

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



Importador para España:



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

 Bermell Electromedicina

 @BermellElectromedicina

 Bermell Electromedicina



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



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



## Índice

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

## Índice

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

Información: [www.femede.es](http://www.femede.es)

# Valores de referencia de actividad de creatinquinasa en un grupo de deportistas de alto rendimiento

Adrián Aymard, Melina Y. Pinheiro, Silvia E. Louzán, Agustina Peverini, Adriana J. Oneto, Claudio Aranda

TCba Centro de Diagnóstico. Buenos Aires. Argentina.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00147

**Recibido:** 19/07/2022  
**Aceptado:** 05/06/2023

## Resumen

La actividad física integra procesos que se manifiestan en adaptaciones bioquímicas, como el incremento de la actividad sérica de la enzima creatinquinasa (CK). Quienes participan de entrenamientos diarios poseen valores de actividad de CK elevados, sugiriendo que los de un deportista no pueden compararse con los establecidos para sujetos sanos no atletas. Este trabajo propone intervalos de referencia posibles para atletas hombres y mujeres, evaluar valores críticos, examinar la dependencia del sexo en esos resultados, y compararlos con los establecidos para los individuos sanos no deportistas. Para ello se analizaron 436 resultados de actividad sérica de CK obtenidos de hombres y mujeres deportistas (edad: 18-40 años).

Resultados: La mediana de los deportistas varones (325 U/L) presenta un resultado mayor ( $p < 0,0001$ ) respecto a la mediana de las deportistas mujeres (156 U/L). El 59% de los resultados obtenidos en varones y el 38% en mujeres supera el valor de referencia establecido para sujetos sanos (varones: 32-294 U/L; mujeres: 33-211 U/L). Se calcularon los percentiles 2.5% y 97.5%, y sus intervalos de confianza 90% (varones: 88 (56-90) a 833 (781-973) U/L; mujeres: 58 (44-63) a 448 (433-497) U/L). Comparando los resultados con los valores de referencia utilizados por el laboratorio para sujetos sanos, se observaron diferencias significativas, con valores más altos para los grupos de deportistas. Del análisis realizado se obtuvieron intervalos de referencia específicos para esta población, cuyos límites son superiores a los ya establecidos, y difieren por sexo, siendo más altos en varones que en mujeres. El valor de la experticia bioquímica, en el control de salud a deportistas dentro de su plan de entrenamiento resulta relevante para organizar la distribución de cargas de trabajo, prevenir lesiones y asegurar el cuidado de su salud.

**Palabras clave:**  
Adaptación. Actividad enzimática. Creatinquinasa. Intervalos de referencia.

## Creatine kinase activity reference values in a group of high-performance athletes

### Summary

Physical activity integrates processes that are manifested in biochemical adaptations, such as the increase in the serum activity of the enzyme creatinquinasa (CK). People who participate in daily training have higher CK activity values, suggesting that those of an athlete cannot be compared with those established for healthy non athletic subjects. This study proposes possible reference intervals for male and female athletes, evaluated critical values, examine the dependence of gender on these results, and compare them with those established for healthy non athletic individuals. For this, 436 results of serum CK activity obtained from male and female athletes (age: 18-40 years) were analyzed.

Results: the medians of the mean athletes (325 U/L) present a high result ( $P < 0.0001$ ) compared to the median of the female athletes (156 U/L). 59% of the results obtained in men and 39% in women exceed the reference value established for healthy subjects. (men: 32-294 U/L; women: 33-211 U/L). The 2.5% and 97.5% percentiles and their 90% confidence intervals were calculated (men: 88 (56-90) to 833 (781-973) U/L; women: 58 (44-63) to 448 (433-497) U/L). Comparing the results with the reference values used by the laboratory for healthy subjects, significant differences were observed, with higher values obtained for the groups of athletes. From the analysis carried out, specific reference intervals were obtained, whose limits are higher than those already established, and differ by sex, being higher in men than in women. The value of biochemical expertise in the health control within their training plan is relevant to organize the distribution of workloads, prevent injuries and ensure health care.

**Key words:**  
Adaptation. Enzymatic activity. Creatine kinase. Reference intervals.

**Correspondencia:** Adrián Aymard  
E-mail: adrianaymard@hotmail.com



## Introducción

La realización de actividad física integra una serie de procesos mecánicos, psicológicos, emocionales y fisiológicos que se manifiesta en cambios y adaptaciones bioquímicas con el fin de obtener energía suficiente para su desarrollo. Una de ellas es el incremento de la actividad sérica de la enzima creatinquinasa (CK, EC 2.7.3.2.), que es liberada a la circulación sanguínea desde las fibras musculares debido a contracciones repetidas e intensas.

En estas condiciones, la actividad de CK se incrementa notablemente, y aunque su validez como marcador bioquímico de verdadera lesión muscular inducida por el ejercicio es todavía cuestionada por algunos autores, su utilización como tal es aceptada por la mayoría. Sus valores séricos más altos se alcanzan entre las 12 a 24 horas luego del ejercicio y permanecen elevados hasta 96 o más horas, dependiendo del cese del estímulo<sup>1-5</sup>.

Aquellos individuos que participan en programas de entrenamientos poseen valores de actividad de CK en reposo más elevados que aquellos que no lo hacen, aunque esta respuesta es individual dependiendo de: el modelo de entrenamiento y el tipo de contracción realizada. Además, esta condición es atenuada por la adaptación propia de la repetición de ejercicios, que disminuye la cantidad y calidad de las lesiones musculares. La determinación de los niveles de actividad sérica de CK en deportistas resulta un marcador bioquímico de gran utilidad para: estimar el estrés que causa el entrenamiento sobre el músculo, sospechar cuadros de sobre entrenamiento, prevenir la aparición de lesiones y monitorear los procesos de recuperación muscular posteriores al esfuerzo. En sujetos aparentemente sanos, los niveles de CK por encima del valor de referencia se podrían correlacionar con su estado de preparación física; sin embargo, si persisten en el descanso, pueden ser un signo de enfermedad muscular subclínica, evidenciándose a través de la aparición de síntomas como la fatiga crónica<sup>4,6-9</sup>.

Dentro de esta realidad debemos plantear la necesidad de contar con valores de referencia propios de los grupos de deportistas. El concepto de valor de referencia ha sido propuesto por el panel de expertos de la IFCC y aceptado con diferentes matices, por las comisiones nacionales con el propósito de unificar conceptos, métodos, terminologías, y conductas. Un valor de referencia se define como aquel obtenido de un individuo de referencia, una persona integrante de la comunidad, que posee un estado de salud determinado. Todos los individuos que cumplan las condiciones de inclusión definidas constituyen una población de referencia, y esto permite establecer valores para grupos particulares<sup>10-12</sup>.

Resulta sugerente pensar que los resultados de actividad de CK de un individuo que realiza su práctica deportiva no puedan compararse con los intervalos de referencia establecidos para sujetos sanos no deportistas. Cabe preguntarse entonces qué valor sería razonable esperar como respuesta fisiológica en deportistas sin pensar en una patología asociada. La respuesta a este cuestionamiento es de gran valor práctico, ya que si un resultado de CK está incrementado por encima del valor de referencia en un deportista dentro de lo estipulado como respuesta adecuada, se podría incluso aumentar la carga de entrenamiento sin el riesgo de lesión adicional, en busca de mayores respuestas físicas y

fisiológicas. Si, por lo contrario, el valor fuera muy elevado, lo aconsejable sería reducir cargas en busca de proteger al deportista y prevenir posibles lesiones musculares.

Los objetivos de este trabajo fueron: proponer intervalos de referencia posibles en atletas varones y mujeres entre 12 y 24 hs después del entrenamiento, examinar la dependencia del sexo en esos resultados, compararlos con los establecidos para los individuos sanos no deportistas y evaluar valores críticos que deban dar estado de alarma al médico tratante.

## Material y método

Se realizó un diseño transversal, descriptivo y retrospectivo en el que se analizaron 436 resultados obtenidos durante un periodo de 10 años (marzo 2009- noviembre 2019), de hombres y mujeres deportistas entre 18 y 40 años, que concurrieron al laboratorio LACBA S.A. del Centro de Diagnóstico TCBA para su control bioquímico de rutina. Todos ellos eran jugadores/ras de hockey de alto rendimiento con entrenamientos de 60-120 minutos por sesión, seis días a la semana y un día de descanso semanal. En la admisión se les solicitó completar una planilla en la que se consideran si cumplían con los criterios para ser incluidos en este estudio acompañada del formulario en el que prestaban su consentimiento informado para el uso de los resultados obtenidos con fines científicos. Se consideraron como criterios de inclusión la ausencia de: enfermedades previas, lesiones musculares diagnosticadas por su cuerpo médico deportivo, hospitalización en los últimos tres meses o por periodos mayores a 15 días durante el último año previo a la toma de muestra y uso de medicación.

## Obtención de resultados

Los resultados analizados fueron obtenidos de muestras séricas a partir de punción venosa del pliegue del codo de los deportistas entre las 8-10 horas luego de 12 horas de ayuno y sueño, con dos días de entrenamiento previo. Los deportistas se abstuvieron de entrenar en la mañana, para evitar cambios en el volumen plasmático inducidos por el ejercicio que pudieran afectar las mediciones. La muestra sanguínea se dejó coagular 30 minutos a temperatura ambiente, se centrifugó 12 minutos a 3.500 rpm y se procedió a su procesamiento. Se efectuaron las determinaciones de actividad sérica de CK por el método UV IFCC en autoanalizador Advia 1800 Siemens, expresando los resultados en U/L a 37°C. Los valores de referencia utilizados son los provistos por el fabricante (varones: 32-294 U/L; mujeres: 33-211 U/L) y verificados por el laboratorio. Se contó con el aval institucional para el uso de los resultados obtenidos a través del sistema informático del laboratorio de LACBA, se copiaron en planillas Excel, quedando esta resguardada con contraseña y en dos pendrives con bloqueo de accesibilidad solo a los investigadores.

## Análisis estadístico

Las distribuciones de la variable CK en los grupos analizados fueron significativamente diferentes ( $p < 0,05$  por la prueba de Kolmogórov-Smirnov)<sup>10,13</sup>. Se compararon medianas por la prueba de Mann Whitney

entre los grupos varones y mujeres; y entre los valores de referencia obtenidos y los utilizados por nuestro laboratorio (percentiles 2,5 y 97,5 e intervalos de confianza 90%) con la prueba de Wilcoxon. En todos los casos se consideró un nivel de significancia  $<0,05$ . Para definir valores outliers se utilizó método Rout. Los programas estadísticos utilizados fueron SPSS 25.0 y GraphPad 8.

## Resultados

La distribución de la actividad de CK en los deportistas estudiados diferenciados por el sexo (varones y mujeres) presentó un comportamiento no paramétrico, como se observa en los histogramas de las Figuras 1 y 2.

Figura 1. Distribución de los valores de actividad sérica de CK en deportistas varones.

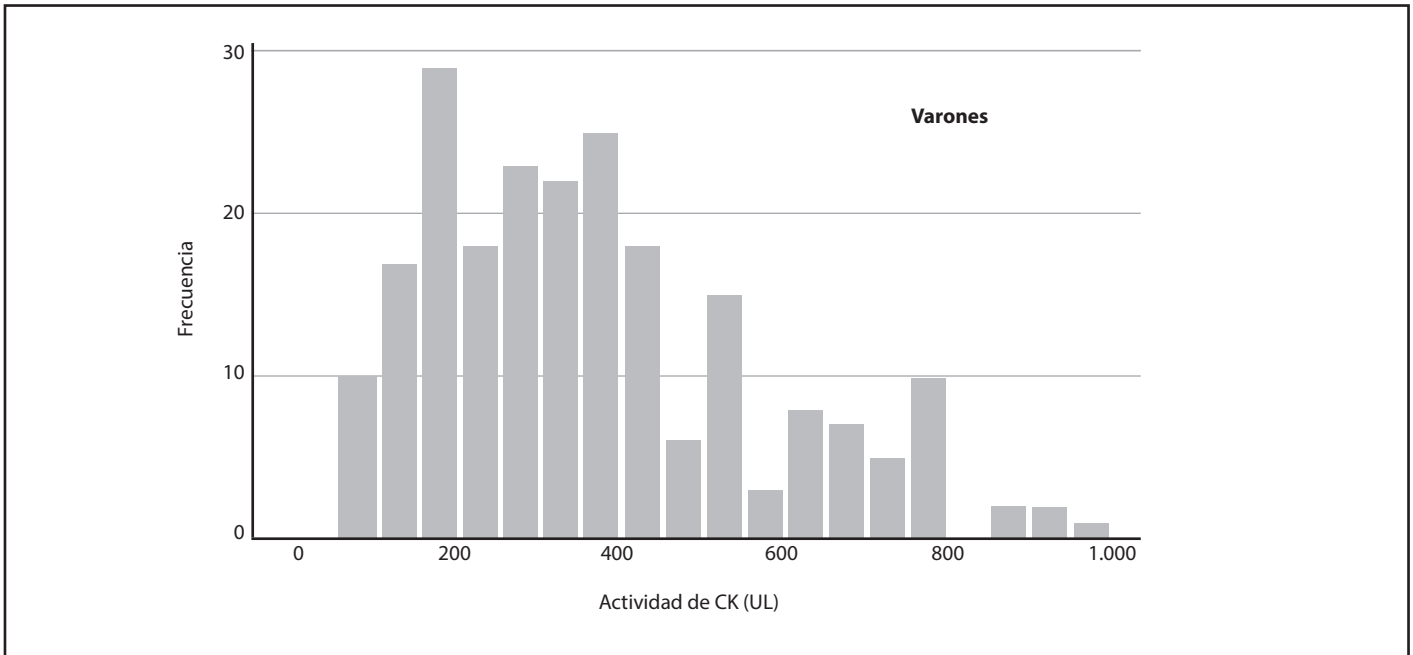
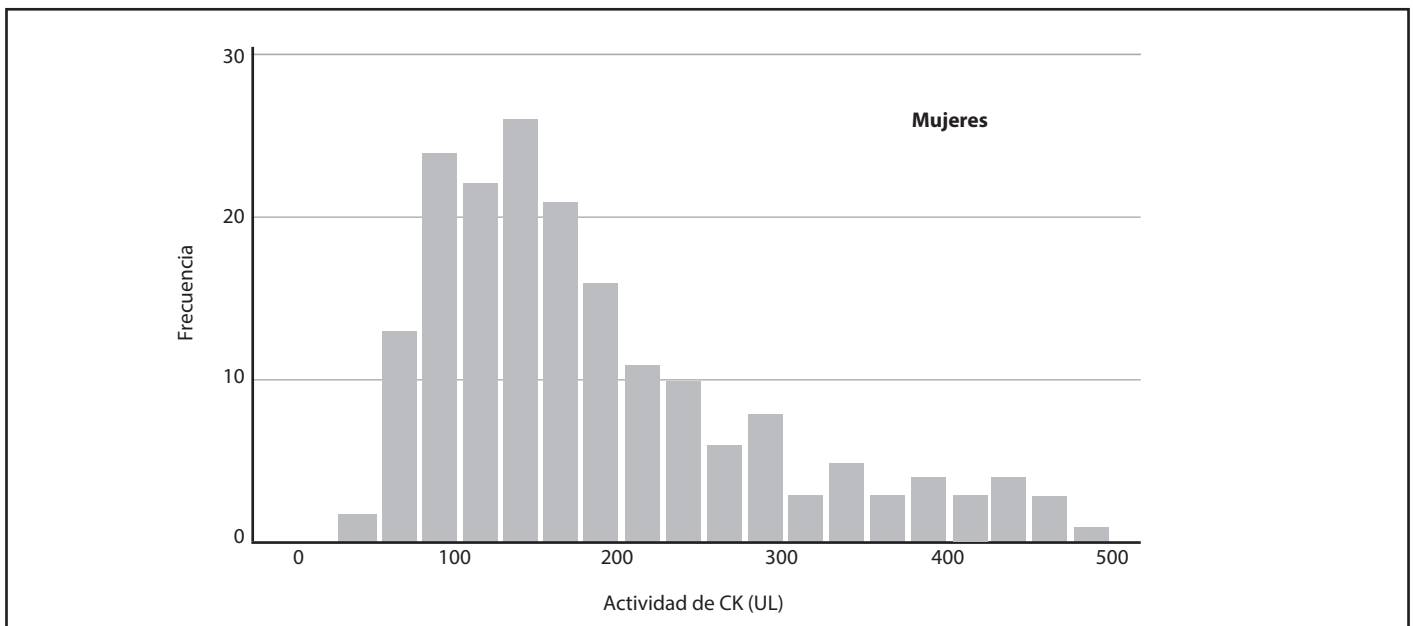


Figura 2. Distribución de los valores de actividad sérica de CK en deportistas mujeres.





Se determinaron los valores *outliers*, y se calcularon los estadísticos descriptivos y percentiles 2,5% y 97,5%, a partir de los cuales se calcularon los respectivos valores de referencia con sus intervalos de confianza (IC 90%) (Tabla 1). Los valores de referencia para sujetos sanos que utiliza el laboratorio son los proporcionados por el fabricante de equipos y reactivos. Fue verificada la transferibilidad de esos valores de referencia a partir de una población muestral de 160 individuos (84 varones y 76 mujeres), considerando que el 95% de dichos valores se encuentren dentro de los límites de referencia del fabricante<sup>14-16</sup>. La comparación de los valores de referencia del laboratorio con los obtenidos para el grupo de deportistas resultó significativamente diferente ( $p < 0,001$ ). Se observó que el 59% de los resultados de CK obtenidos en los varones y el 38% en las mujeres, supera el valor de referencia establecido para sujetos sanos. Del análisis de los resultados de la actividad de CK diferenciados por sexo, se observó una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,0001$ ) en la comparación de sus medianas. La mediana de los deportistas varones presenta un resultado mayor (325 U/L) respecto a la mediana de las deportistas mujeres (156 U/L).

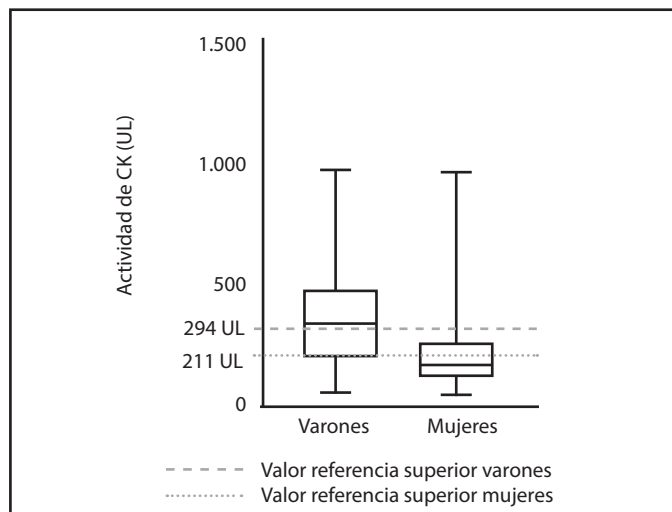
En la Figura 3 se muestra la comparación de los resultados de actividad de CK según sexo, detallando los límites del valor de referencia superior utilizados por el laboratorio.

**Tabla 1. Medianas y valores de referencia inferior y superior con sus respectivos IC 90% para varones y mujeres deportistas.**

	Varones	Mujeres
Mediana U/L	325	156
<b>Intervalos de referencia</b>		
Límite inferior U/L	88 (IC90%: 56-90) *	58 (IC90%: 44-63) *
Límite superior U/L	833 (IC90%: 781-973) *	448 (IC90%: 433-497) *

IC90%: intervalo de confianza 90%  
\* $p < 0,001$ .

**Figura 3. Comparación de los valores de la actividad de CK según sexo. En la figura se muestran los límites superiores del valor de referencia utilizado en el laboratorio en líneas de puntos y guiones.**



## Discusión

La actividad sérica de CK es un indicador importante del grado de esfuerzo muscular y de la adaptación al entrenamiento. Se ha convertido en una opción más que interesante para la evaluación de deportistas y en una herramienta muy útil para el grupo de salud que los controla, aunque su interpretación no es tan sencilla.

Este trabajo demuestra que los valores de actividad de CK son más altos en deportistas, tanto varones como mujeres, pudiendo contribuir en la elucidación del significado de estos datos al proporcionar valores de referencia específicos para un grupo de atletas que puedan ser utilizados en medicina deportiva durante la práctica diaria<sup>17,18</sup>.

Se debe tener en cuenta que los valores que se obtienen dependen del tipo de entrenamiento (intensidad, duración, tipo de contracción muscular ejercida), por lo que diferentes grupos de deportistas podrían referir resultados ligeramente distintos. En este estudio se evaluaron jugadores varones y mujeres de hockey sobre césped de alto rendimiento. Este deporte ha sufrido cambios radicales en sus requisitos técnicos, tácticos y fisiológicos, sobre todo en deportistas de elite asociados particularmente a las superficies de juego y la mayor intensidad del juego. Hay pocas publicaciones en la literatura respecto del daño muscular en jugadores de hockey sobre césped de elite<sup>19</sup>.

Dado que la actividad de CK permanece elevada unos días luego del estímulo, y que los deportistas estudiados realizan entrenamientos sucesivos, los resultados obtenidos reflejan el efecto acumulativo de las cargas y el grado de adaptación al entrenamiento realizado. En este caso particular, los jugadores de hockey realizan actividades con características intermitentes de alta intensidad y podría sugerirse a partir de estos resultados la extrapolación de los mismos a deportes de similares características (fútbol, por ejemplo)<sup>20-22</sup>.

Sin embargo, sugerimos razonable la necesidad de evaluar intervalos de referencia específicos por deporte. Los límites de referencia de los deportistas fueron 2 a 3 veces más altos que los utilizados por el laboratorio para sujetos sanos. Cabe señalar, que los valores utilizados habitualmente en el laboratorio concuerdan con la bibliografía en general y con los datos reportados por los proveedores de reactivos para sujetos sanos que no realizan actividad física, y que requieren como condición preanalítica de rigor la suspensión de la realización de esfuerzos físicos durante 72 hs previas al momento de la extracción.

Los intervalos de referencia para actividad de CK en deportistas mostraron diferencias según el sexo, siendo mayores en varones que en mujeres, en concordancia con lo reportado por la bibliografía estudiada y en línea con la existencia de valores de referencia específicos por sexo en la población general<sup>23,24</sup>. El límite superior del valor de referencia obtenido para el grupo de varones mostró resultados más elevados al del grupo de mujeres, siendo 1,8 veces más alto. Estas diferencias pueden ser explicadas por diferentes motivos, como el mayor contenido de CK en el musculo de los hombres, su mayor masa muscular, el efecto protector de los estrógenos en la mujer, y factores propios del musculo como la estabilización en la permeabilidad de la membrana a raíz de la influencia hormonal, la tasa de eliminación de CK y la actividad linfática<sup>25,26</sup>.

En la comparación de ambos grupos con los valores de referencia utilizados por el laboratorio para sujetos sanos, se observaron diferencias significativas, con valores más altos para los grupos de deportistas cuyos límites de referencia superiores fueron 2,8 veces más altos para varones y 2,1 veces para mujeres.

Muchos son los factores que determinan el incremento de la actividad enzimática durante y después del ejercicio. Los valores mayores se obtienen luego de ejercicios con predominio de contracciones excéntricas, después de ejercicios muy prolongados o de alta intensidad<sup>27</sup>.

El equipo de salud debe estar atento a las situaciones límites en donde estos incrementos podrían asociarse con la posibilidad de lesiones musculares o asociarse con situaciones patológicas. Aparece entonces, más allá de los valores de referencia, el concepto de valores de alarma, entendiendo por esto a aquellos resultados que deben ser reportados de inmediato al médico para que se tomen las acciones correspondientes con el fin de preservar el estado de salud del deportista. Estos valores deben ser determinados por cada laboratorio en acuerdo con los respectivos equipos médicos y en concordancia con la experiencia adquirida. La bibliografía consultada presenta listas aprobadas de valores críticos, que colocan el valor de la actividad de CK por encima de 1.000 U/L en ese punto de alarma. Dado que los valores de referencia obtenidos en este trabajo no superan este valor en su límite superior, este grupo de estudio considera que no debería ser modificado<sup>28-30</sup>.

## Conclusiones

Del análisis realizado de resultados de actividad sérica de CK en varones y mujeres deportistas de alto rendimiento, se obtuvieron intervalos de referencia específicos que difieren de los utilizados habitualmente en el laboratorio para sujetos sanos sin el estímulo de la actividad física. Los límites de los intervalos obtenidos son superiores, y difieren por sexo, siendo más altos en varones que en mujeres.

Estas diferencias sugieren la necesidad de revisar los intervalos de referencia utilizados para deportistas, y contar con valores propios de cada laboratorio, para la correcta interpretación de los mismos. Sugerimos establecer valores de alarma, para una mejor evaluación de los resultados, a partir de los cuales se deben considerar otras alternativas diagnósticas que puedan influir en los mismos. El valor de la experticia bioquímica, en el conocimiento e interpretación de estudios realizados a deportistas dentro de su plan de entrenamiento y control de salud resulta relevante a la hora de organizar la distribución de cargas de trabajo, prevenir lesiones y asegurar el cuidado de su salud.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los equipos de trabajo de los servicios de Cardiología y Laboratorio de TCba Centro de diagnóstico, que apoyaron y colaboraron para la realización de este trabajo.

## Bibliografía

1. Peake J, Neubauer O, Della Gatta P, Kazunori N. Muscle damage and inflammation during recovery. *J Appl Physiol*. 2017;122:559-70.
2. Magrini DK, Khodae M, San-Millán I, Hew-Butler T, Provance A. Serum creatine kinase elevations in ultramarathon runners at high altitude. *Physician and Sportsmedicine*. 2017;45:129-33.
3. Kormanovski A, Molotla E, Licea J, Padilla E, Chávez B. Relación de lesiones musculares y niveles de creatinasa en jugadores de fútbol americano en México. *Acta Ortop Mex*. 2006;20:59-63.
4. Macero Méndez R, Baculima Tenesaca J, Agreda Orellana I, Cárdenas Carrera Y. Marcadores de daño muscular en deportistas jóvenes de la federación deportiva de la provincia Azuay, Ecuador. *Acta Bioquím Clin Latinoam*. 2021;55:3-10.
5. García-Romero-Pérez Á, Ordóñez F, Reyes-Gil F, Rodríguez-López E, Oliva-Pascual-Vaca Á. Muscle damage biomarkers in congestion weeks in english premier league soccer players: a prospective study for two consecutive seasons. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:7960.
6. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *Br J Sports Med*. 2007;41:674-8.
7. Brancaccio P, Limongelli MF, Buonauro R, Maffulli N. Serum enzyme monitoring in sport medicine. *Clin Sports Med*. 2008;27:1-18.
8. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med*. 2010;48:1-11.
9. Brancaccio P, Limongelli MF, Maffulli N. Monitoring of serum enzymes in sport. *Br J Sport Med*. 2006;40:96-7.
10. Petit Clerc C, Hate D, Solberg HE. Approved recommendation on the theory of reference values. Part 2. Selection of individuals for the production of reference values. *Clin Chim Acta*. Elsevier Science Publishers B.V. Biomedical Division. 1987;170:3-12.
11. Comisión valores de referencia de la SEQC. Concepto de valores de referencia en Química Clínica. *Quím Clin*. 1991;10(1):56-8.
12. Comisión valores de referencia de la SEQC. Producción y utilización de valores de referencia. *Quím Clin*. 1991;61:49-68.
13. Horowitz G, Altaie S, Boyd J, Ceriotti F, Garg U, Horn P, et al. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory; approved guideline-third edition. *CLSI C28-A3c*. 2010;28:26-8.
14. Clinical and Laboratory Standards Institute. Defining, establishing and verifying reference intervals in the clinical laboratory. EP28-A3c. Wayne: NCCLS; 2010.
15. González de la Presa B, Canalias Reverter F, Esteve Poblador S, Gella Tomás J, Izquierdo Álvarez SM, López Martínez R, et al. Procedimiento para la transferencia y revisión de intervalos de referencia biológicos. *Revista del Laboratorio Clínico*. 2017;10:91-4.
16. Marrero SJ, Larez C, Aviles YM, Segovia JA, Chirinos AY, Romero MA, et al. Verificación y transferencia de intervalos de referencia del perfil tiroideo y PSA total en individuos masculinos de la ciudad de Valencia, Venezuela. *Rev Latinoam Patol Clin Med Lab*. 2017; 64:94-9.
17. Burt D, et al. Monitoring indices of exercise-induced muscle damage and recovery in male field hockey: Is it time to retire creatine kinase? *Sci Sports*. 2020.
18. Nikolaidis MG, Protosygelou MD, Petridou A, et al. Hematologic and biochemical profile of juvenile and adult athletes of both sexes: implications for clinical evaluation *Int J Sports Med*. 2003;24:506-11.
19. Hazar M, Otag A, Otag I, Sezen M, Sever O. Effect of increasing maximal aerobic exercise on serum muscles enzymes in professional field hockey players. *Glob J Health Sci*. 2015; 7:69-74.
20. Mc Hugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13:88-97.
21. Ribeiro J, Gantois P, Moreira V, Miranda F, Romano N, Nakamura FY. Individual-based creatine kinase reference values in response to soccer match-play. *Int J Sports Med*. 2022;43:533-7.
22. Wong ET, Umehara MK, et al. Heterogeneity of serum creatine kinase activity among racial and gender groups of the population. *Am J Clin Pathol*. 1983;79:582-6.
23. Inman L, Rennie M, Watsford M, Gibbs N, Green J, Spurr R. Reference values for the creatine kinase response to professional Australian football match-play. *J Sci Med Sport*. 2018;21:852-7.
24. Schumann G, Klauke R. New IFCC reference procedures for the determination of catalytic activity concentrations of five enzymes in serum: preliminary upper reference limits obtained in hospitalized subjects. *Clin Chim Acta*. 2003;327:69-79.
25. Lev EI, Tur-Kaspa I, Ashkenazy I, et al. Distribution of serum creatine kinase activity in young healthy persons. *Clin Chim Acta*. 1999;279:107-15.

26. Roth SM, Gajdosik R, Ruby BC. Effects of circulating estradiol on exercise-induced creatine kinase activity. *JEP*. 2001;4:10-7.
27. Teschler M, Mooren F. Electromyostimulation, Muscle Damage, and Immune System: A Mini Review. *Frontiers in Physiology*. 2019;10:1-7.
28. Campuzano Maya, G. Valores críticos en el laboratorio clínico: de la teoría a la práctica. *Med lab*. 2011;17:331-50.
29. Thomas L. Resultados de laboratorio crítico que deben comunicarse inmediatamente al médico asignado. *J Int Fed Clin Chem Lab Med*. 2003;14:11-8.
30. Kost GJ. Critical limits for urgent clinician notification at US medical centers. *JAMA*. 1990;263:704-7.



# Performance of young female ballet dancers' dominant and non-dominant lower limbs during hop and Y-balance testing

Melissa Talita Wiprich, Eduarda Agatti, Eliana Varela de Castro, Gerson Saciloto Tadiello, Leandro Viçosa Bonetti

University of Caxias do Sul. Caxias do Sul. RS. Brazil.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00150

Recibido: 03/11/2022

Aceptado: 28/07/2023

## Summary

**Introduction:** Ballet requires coordination and integration of movement, proper body alignment, cardiovascular and muscular endurance, muscular strength, flexibility, static and dynamic balance. Epidemiological studies indicate that most injuries that affect ballet dancers are related to the lower limb, especially the ankle, foot, knee, and hip due to the implications of these joints in specific movements. These injuries can result in significant lost time in rehearsals, high costs, and may cause long-term dysfunction. In this context, preventive strategies should be considered to decrease the risk of injury, and to provide insight to help to create prevention programs or rehab plans. For this are widely used the functional tests.

**Objective:** This study investigated the functional performance of lower limbs in young ballet dancers.

**Material and method:** Thirteen healthy female ballet dancers between 14 and 17 years who participated in dance Regional Festivals performed the Y-balance test (YBT) and four hop tests (single, triple, crossover, and timed hop tests). For both hop tests and YBT, ballet dancers completed three trials in each lower limb and the average of the three values was used to calculate the symmetry index between the limbs.

**Results:** There were no differences between the limbs in hop tests or YBT. However, it was observed the composite score of the YBT was below 94%, an average value lower than suggested by the literature.

**Conclusions:** Thus, the results demonstrated that young female ballet dancers have symmetry between the limbs in both functional tests, suggesting that dance training leads to greater skill in controlling the neuromusculoskeletal coordination between the limbs. However, they have a poor dynamic balance suggesting an increased risk of lower limb injuries. This research can contribute to the development of preventive programs and improve ballet dancers' performance and productivity.

## Key words:

Ballet. Young female dancers. Hop tests. Y-balance test.

## Rendimiento de las extremidades inferiores dominantes y no dominantes de jóvenes bailarinas de ballet durante hop test y Y-balance testing

### Resumen

**Introducción:** El ballet requiere coordinación e integración del movimiento, alineamiento corporal adecuado, resistencia cardiovascular y muscular, fuerza muscular, flexibilidad, equilibrio estático y dinámico. Los estudios epidemiológicos indican que la mayoría de las lesiones que afectan a los bailarines están relacionadas con el miembro inferior, especialmente el tobillo, el pie, la rodilla y la cadera, debido a las implicaciones de estas articulaciones en movimientos específicos. Estas lesiones pueden resultar en una pérdida significativa de tiempo en los ensayos, altos costos y pueden causar disfunción a largo plazo. En este contexto, se deben considerar estrategias preventivas para disminuir el riesgo de lesiones y para proporcionar información que ayude a un proveedor a crear programas de prevención o planes de rehabilitación. Para eso las pruebas funcionales son muy utilizadas.

**Objetivo:** Este estudio investigó el rendimiento funcional de las extremidades inferiores en jóvenes bailarines de ballet.

**Material y método:** Trece bailarinas sanas de ballet entre 14 y 17 años que participaron en presentaciones regionales realizaron lo Y-balance test (YBT) y cuatro hop tests (single, triple, crossover, y timed hop tests). Tanto para las pruebas de salto como para YBT, las bailarinas completaron tres pruebas en cada miembro inferior y se utilizó el promedio de los tres valores para calcular el índice de simetría entre los miembros.

**Resultados:** No hubo diferencias entre las extremidades en los hop tests y YBT. Sin embargo, se observó un puntaje compuesto del YBT por debajo del 94%, valor promedio inferior al sugerido por la literatura.

**Conclusiones:** Así, los resultados demostraron que las jóvenes bailarinas de ballet tienen simetría entre las extremidades en ambas pruebas funcionales, lo que sugiere que el entrenamiento en danza conduce a una mayor habilidad en el control de la coordinación neuromusculoesquelética entre las extremidades. Sin embargo, tienen un equilibrio dinámico deficiente, lo que sugiere un mayor riesgo de lesiones en las extremidades inferiores. Esta investigación puede contribuir al desarrollo de programas preventivos y mejorar el rendimiento y la productividad de los bailarines de ballet.

## Palabras clave:

Ballet. Jóvenes bailarinas. Hop tests. Y-balance test.

Correspondencia: Leandro Viçosa Bonetti

E-mail: leandrovbbonetti@gmail.com; lvbonetti@ucs.br

## Introduction

Ballet dance requires coordination and integration of movement, proper body alignment, cardiovascular and muscular endurance, muscular strength, flexibility, static and dynamic balance. These neuromuscular skills are essential for dancers to obtain a perfect and technically precise performance of functional movements important in ballet that requires grace and delicacy<sup>1</sup>. The ballet has been characterized as an intermittent type of exercise, in which lower limb explosive bursts such as jumps, and turns are followed by movements requiring precision and skill with adequate interaction of upper and lower limb movements<sup>2</sup>. Ballet dancers usually have complex and physically demanding routines with long training periods that may lead to physical exhaustion<sup>3</sup>.

Epidemiological studies indicate that most injuries that affect ballet dancers are related to the lower limb<sup>4,5</sup>. The most injured areas are the ankle, foot, knee, and hip due to the implications of these joints in specific movements<sup>3</sup>. The main triggering factors of injuries usually are micro-trauma repetition and muscle fatigue caused by overtraining<sup>6</sup>. Also, ballet dancers present incidence values around 1.09 injuries/1000 hours of exposure. Furthermore, there is a positive correlation between injury risk and age, and it was shown that ballet dancers at ten years have an injury incidence of 0.3 injuries/1000 hours; dancers 11 to 14 years have 0.7 injuries/1000 hours, while ages 15 to 21 years have 0.9 injuries/1000 hours<sup>7</sup>. Musculoskeletal injuries can result in significant lost time in rehearsals, high costs, and may cause long-term dysfunction<sup>6</sup>. In this context, preventive strategies should be considered to decrease the risk of injury, and to provide insight to help a provider create preventable programs or rehabilitation plans the functional tests are widely used<sup>8</sup>.

Functional tests are used to assess joint stability, balance, kinesthesia, agility, muscular control, and muscular strength<sup>9,10</sup>. Two types of functional tests, including the Y-balance test (YBT) and hop tests, are the most often used to assess the lower limbs function<sup>10</sup>. Hop tests are used to evaluate dynamic stability, lower limb strength, and neuromuscular control in preseason or pre-competition and during a rehabilitation session to track progress with an intervention<sup>11</sup>. The YBT is used to verify the lower limb dynamic balance, identify the risk of injury, evaluate muscle imbalance, and assess rehabilitation progress<sup>12</sup>. Hop tests and YBT have as main advantages: low cost, easy application, not time-consuming, not require a great deal of expertise, not require expensive equipment, and they are considered open field tests that can be performed in several locations<sup>13</sup>. In different sports, the hop tests and the YBT are used as screening tools to identify inter-limb asymmetries that have been associated with an increase in injury risk by several authors<sup>14-17</sup>. Considering that the functional tests are excellent tools to detect the risk of injury and they can help to create programs to improve performance<sup>2</sup>, that few studies explore the YBT and the hop tests in ballet dancers; the main purpose of this study was to investigate the lower limbs functional performance of young female ballet dancers.

## Material and method

### Experimental approach to the problem

This study used a cross-sectional design to assess functional performance in dominant limb (DL) and non-dominant limb (NDL) lower extremities. This study was carried out in three different ballet schools in Garibaldi, Rio Grande do Sul, Brazil. The study was approved (protocol number 3.361.817) by the Ethical Committee at the University of Caxias do Sul. The study was in accordance with the Helsinki Declaration and 2012 Law N° 466 of the National Health Council, which approves the guidelines and rules for research involving humans.

### Participants

Thirteen pre-professional young female ballet dancers (mean age  $15.0 \pm 0.91$ ) who participated in dance Regional Festivals were recruited to participate in this research. The inclusion criteria to be eligible were: if they trained at least two days per week for at least two years and if they signed the Written Informed Consent by themselves and by their parents or legal keepers. The exclusions criteria were: acute illness on the day selected for evaluation, acute musculoskeletal injury, lower limb acute injury in the previous 30 days of assessment, use of medications such as analgesic, anti-inflammatory, and/or antihistaminic 48 hours before testing, and cognitive deficits that could interfere with the Written Informed Consent or study instructions. The anthropometric characteristics of the ballet dancers are summarized in Table 1.

### Sample size

The sample size was determined by convenience conforming to the number of ballet dancers and their availability for participation in the research. Therefore, the sample was determined intentionally and not probabilistically<sup>18</sup>.

### Procedures

Prior to the tests assessments, aiming to assess the general health and wellness variables (e.g., the previous history of musculoskeletal injury, amount of training per week, number of rehearsals per week, number of performances per week/year, years of experience in the dance, leg dominance, and warm-up practices) each participant completed a health history questionnaire.

To define which test (YBT or hop tests) the ballet dancers would execute first, we performed a randomly draw (e.g., if first the ballet dancer

**Table 1. Means  $\pm$  standard deviations of anthropometric characteristics of young female ballet dancers.**

Variable	M $\pm$ SD
Age (years)	15.0 $\pm$ 0.91
Body weight (kg)	52.59 $\pm$ 6.80
Height (m)	1.63 $\pm$ 0.05
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	19.69 $\pm$ 2.41

M: Mean; m: meters; kgmm<sup>2</sup>: kilograms per square meter.

was drawn to execute the hop tests, after the hop test the ballet dancer executed the YBT, or vice-versa). The tests were performed in a specific room of assessment on a single day. The assessments were executed before the regional presentations and the tests were conducted from 2:00 to 5:00 p.m.

Prior to the tests, the ballet dancers received some recommendations such as do not consume stimulant substances (e.g., caffeine) 24 hours before testing, sleep at their usual time the day before testing, do not have any analgesic and/or anti-inflammatory medicine within 48 hours before testing, and do not perform high-intensity physical activities in the 48 hours prior to the tests.

### Musculoskeletal injury questionnaire

Intending to verify if the ballet dancers could have some injury that could interfere with the YBT and hop tests performance, the ballet dancers answered a questionnaire containing the following questions: (1) personal data such as name, age, weight, height, and BMI; (2) if the ballet dancers have been submitted to some surgery on lower limbs; (3) if the ballet dancers suffered some injury; (4) type of injury and anatomic region; (5) if the injury was contact injury or noncontact injury; (6) pain intensity after injury; (7) if the ballet dancers did physiotherapy for the injury.

### Functional performance tests

To investigate if the ballet dancers could have inter-limb asymmetries, the ballet dancers performed the hop tests that show inter-limb

asymmetries relating to muscle power, and the YBT that indicates inter-limb asymmetries corresponding to dynamic balance.

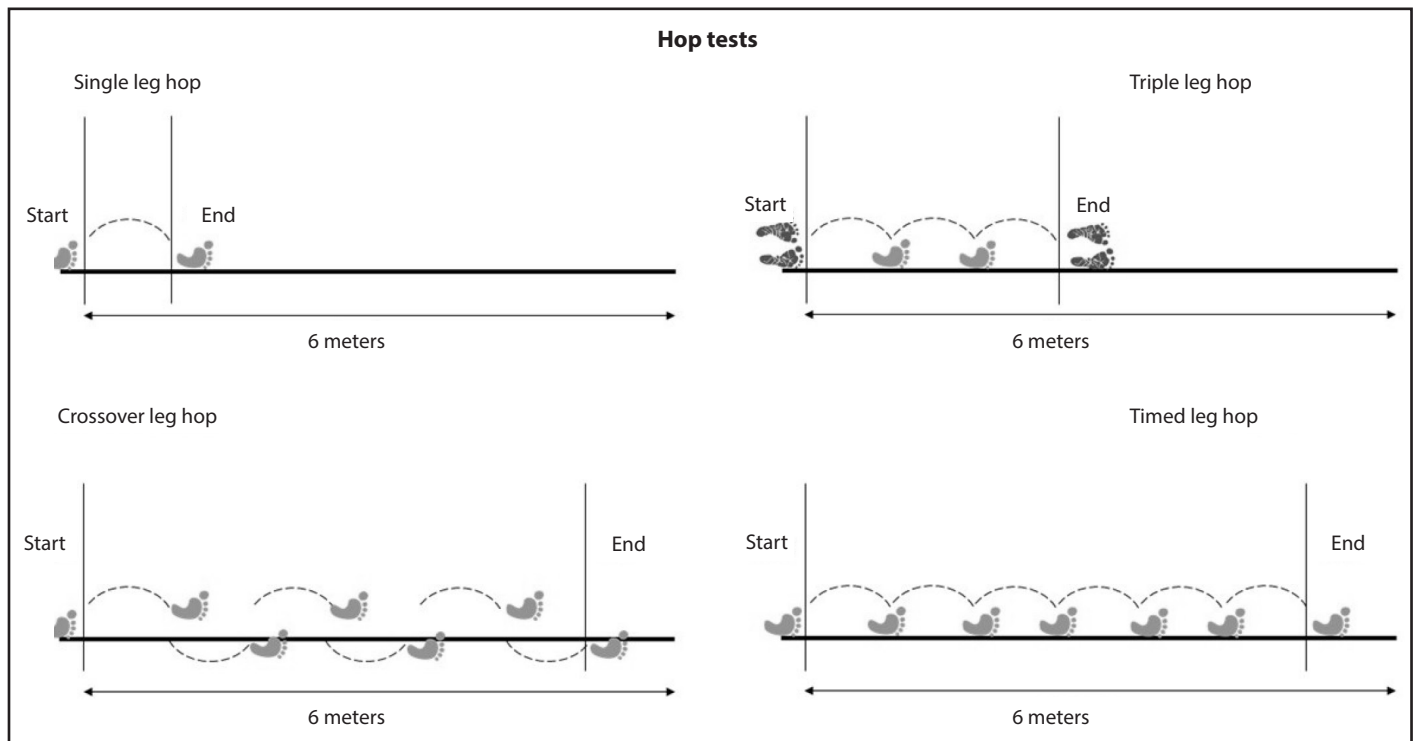
**Hop tests.** Hop tests are unilateral functional performance tests used to evaluate lower limb power and neuromuscular control in preseason or pre-participation in competition, to monitor progress in rehabilitation, and identify dynamic knee stability<sup>11,19</sup>. Hop tests provide an index of the ratio of limb symmetry known as LSI that expresses the distance or time recorded from the test as a percentage<sup>11,20</sup>. Four hop tests were selected to assess the dancers: single hop for distance, triple hop for distance, crossover hop, and timed hop<sup>21,22</sup>.

The tests were executed as described previously by Wiprich *et al.* (2022)<sup>23</sup>. Firstly, the ballet dancers received the instructions about the test and then they performed three practice trials for each hop test in each lower limb. The trials were executed with 30 seconds of resting period between each test to reduce the errors associated with learning and fatigue such as landing with the assistance of the opposite lower extremity, lost imbalance, or took an extra step after landing. If some ballet dancer made an error the hop test was repeated. In all hop tests the dancers performed the tests with the NDL and next with the DL, and the upper limbs were free<sup>23</sup>.

Distance (single hop, triple hop, and crossover hop) and time (timed hop) were measured in each one of the three trials. The distance was measured from the toe in the starting position to the heel where the subject landed (Figure 1).

The average of the three values was used to the comparison between NDL and DL and to calculate the hop symmetry index given by the formulas:

**Figure 1. The course for the four hop tests.**





For the single hop, triple hop, and crossover hop: Hop symmetry index = (NDL hop mean distance / DL hop mean distance) X 100<sup>21,22</sup>.

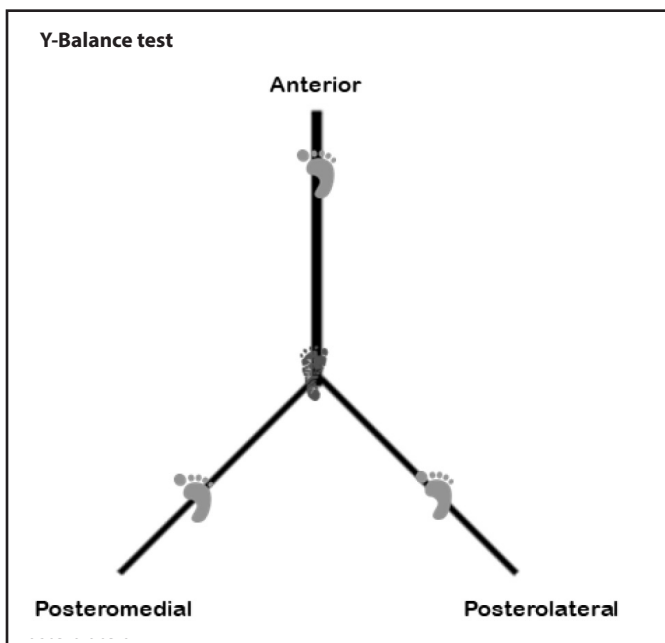
For the timed hop: Hop symmetry index (NDL hop mean time / DL hop mean time) X 100<sup>21,22</sup>.

**YBT.** The test was executed based on Wiprich *et al.* (2022)<sup>23</sup> and Plisky *et al.* (2009)<sup>24</sup>. The ballet dancers received the instructions about the test and subsequently, they performed three warm-ups in each lower limb. Then, they executed the trials. In both warm-ups and trials, three metric tapes were placed on the floor and separated by an angle of 135°. One metric tape was placed in the anterior (ANT) direction, and the two other metric tapes, one in the posterolateral (PL) direction and the other in the posteromedial (PM) direction divided by an angle at 90°<sup>24</sup>. The ballet dancers were positioned centrally to three metric tapes with single-leg support in the lower limb to be tested with the hands-on waist. The dancers stood on one leg on the center foot tape with the most distal aspect of the foot at the starting line. While maintaining a single leg stance, the dancer was asked to reach with the free limb in the ANT, PM, and PL directions in relation to the stance foot<sup>23,24</sup>.

Three practice trials were performed in each reach direction before the formal testing. From the fourth to the sixth trial, the examiner recorded the maximal reach distance (centimeters). In both warm-ups and trials, the ballet dancers first executed on the NDL, and next, on the DL, and the hands remained on the waist<sup>23,24</sup>. The maximal reach distance was measured by a tape measure, at the point where the most distal part of the foot reached (Figure 2)<sup>24</sup>.

The trial was discarded and repeated if the subject: failed to maintain a unilateral stance, failed to maintain reach foot contact with the reach indicator on the target area while it was in motion, and failed to return the reaching foot to the starting position under control<sup>24</sup>.

**Figure 2. The directions of Y-Balance test\*.**



\*The figure illustrates that the left foot is being tested in all directions of the YBT.

Three measures were calculated to quantify the dynamic balance: normal reach distance, total performance given by composite score, and limb symmetry index. For each limb, the reach distance was normalized by NDL and expressed as percent (%) (e.g., Normalized distance = distance reached (centimeters) X 100/ lower limb length). The total performance was determined by calculating the composite score, given by the formula:

Composite score = sum of three (ANT, PL, and PM) directions/ 3 X lower limb length) X 100.

For the lower limb length, the dancers were placed lying on a table in the supine position with the lower limbs extended, then the lower limb length was measured from the anterior superior iliac spine to the most distal portion of the medial malleolus with a tape measure<sup>24</sup>. The values used in the formulas were the means of each limb in each of the three directions<sup>24</sup>.

To calculate the symmetry index for each direction and the composite score were used the formula:

Symmetry index = (NDL mean distance / DL mean distance) X 100<sup>21,22</sup>.

## Statistical analysis

Initially, the Shapiro-Wilk test determined whether data were normally distributed. Data from DL and NDL were analyzed by a two-tailed Student's t-test, while data from YBT composite score was evaluated by a one-tailed Student's t-test. All data were recorded as mean  $\pm$  standard deviation (M  $\pm$  SD). For all comparisons, the significance level was set at P<0.05. Data were analyzed by GraphPad Prism 8.0 (GraphPad, Inc., San Diego, California).

## Results

**Hop tests.** There were no statistically significant differences between the limbs in all hop tests (Table 2). Moreover, the LSI presented a value above 90% in all hop tests (Table 2).

**YBT.** In YBT, the bilateral comparison did not show statistically significant differences between DL and NDL in all directions (Table 3). Nevertheless, the composite score in both DL and NDL limbs showed values significantly below 94% (P<0.001).

**Musculoskeletal injury questionnaire.** Two (15.3%) of the 13 ballet dancers reported injury (one in the lower limb and the other in the lumbar) the last three months before the tests, while eleven (84.7%) ballet dancers reported no injury (Table 4).

Further, Table 5 shows the overall activity level (amount of training per week, number of rehearsals per week, number of performances per week/year, years of experience in the dance, leg dominance, and warm-up practices) of ballet dancers.

## Discussion

The purpose of this study was to investigate if young female ballet dancers could have inter-limbs asymmetries. For this reason, we used the hop tests and YBT which are tests that evaluate the lower limbs functional performance. No significant differences were seen between the DL and NDL in either hop tests (single, triple, crossover, and timed hop tests) or YBT three distances reached (ANT, PL, and PM). Also, the

**Table 2. Means ± standard deviations of hop-tests scores in dominant limb and non-dominant limb of young female ballet dancers.**

Variable	DL (M ± SD)	NDL (M ± SD)	P-value	Bilateral asymmetry (%)/ Symmetry Index ≥ 90%
Single Hop (m)	1.13 ± 0.25	1.09 ± 0.23	0.15	96.41 ± 5.38
Triple Hop (m)	3.08 ± 0.74	3.01 ± 0.72	0.15	97.72 ± 5.89
Crossover Hop (m)	2.58 ± 0.41	2.55 ± 0.49	0.33	98.84 ± 4.04
Timed Hop (s)	3.93 ± 1.01	4.18 ± 1.15	0.21	106.31 ± 14.25

M: Mean; m: meters; DL: Dominant limb; NDL: Non-dominant limb; S: Seconds; SD: Standard deviations.

**Table 3. Means ± standard deviations of Y-balance test scores in dominant limb and non-dominant limb of young female ballet dancers.**

Variable	DL (M ± SD)	NDL (M ± SD)	P-value	Bilateral asymmetry (%)/ Symmetry Index ≥ 90%
Composite score (%)	72.47 ± 9.13	71.74 ± 7.68	0.54	90.99 ± 5.21
Ant (m)	0.64 ± 0.05	0.66 ± 0.09	0.49	103.12 ± 3.44
PM (m)	0.86 ± 0.10	0.83 ± 0.11	0.41	92.52 ± 5.32
PL (m)	0.88 ± 0.14	0.86 ± 0.11	0.57	97.73 ± 5.67

Ant: Anterior; M: Mean; m: meters; DL: Dominant limb; NDL: Non-dominant limb; PL: Posterolateral; PM: Posteromedial; SD: Standard deviations.

**Table 4. Musculoskeletal injury of young female ballet dancers.**

Variable	%
Previous Injury	15.3%
Lower limb (n=1)	
Lumbar (n=1)	
No Previous Injury	87.7%

n: number of dancers.

**Table 5. Means ± standard deviations of activity level and injury of young female ballet dancers.**

Variable	M ± SD
Years of experience in the dance	10.12 ± 3.94
Leg dominance	
Right	12
Left	1

M: Mean; SD: standard deviations.

results did not present significant differences between the DL and NDL in the composite score. However, it was seen in the composite score in YBT in both DL and the NDL a mean score lower than the normal score (94%) suggested in the literature<sup>24</sup>.

In ballet, the dancers use one leg as the gesture leg, while the other leg as the supporting leg. Besides, they perform tasks more complex requiring solicitation of the two sides of the body alternately on jump behaviors which is the major contributing factor to develop inter-limbs asymmetries<sup>25,26</sup>. Therefore, the understanding of lower limb asymmetries in artistic modalities that demands a high performance is essential to identifying the functional and muscular imbalance, and consequently is a tool that can help to create strategies to prevent injuries, since larger asymmetry scores inter-limbs could induce decreased in physical

performance compromising the task technical efficiency, and thus can increase the risk of musculoskeletal injuries<sup>27,28</sup>.

Asymmetries are defined as unevenness or mechanical imbalance in corresponding body parts (e.g., contralateral upper or lower limbs)<sup>29</sup>. Studies have demonstrated that both athletes and non-athletes who exhibit inter-limb asymmetries between >10%<sup>30</sup> and >15% are more susceptible to injury<sup>31,32</sup>; while asymmetries <10% have been proposed when athletes are returning to sport after an injury<sup>33</sup>. In this sense, the hop tests are included as tests that prove valid and reliable in quantifying inter-limbs asymmetries because it provides a quantifiable number that helps identify if they are more susceptible to injury<sup>34</sup>.

We showed that no significant differences were found in the comparison between the limbs (DL and NDL) in hop tests. Another research studied ten professional female ballet dancers in a unilateral experimental task, and there were no differences between the impulsion (for the jump task) and gesture leg<sup>25</sup>. Moreover, the single leg hop performance in female collegiate dancers, around 18 years also did not show significant differences between left and right lower limbs<sup>35</sup>. In addition, an interesting study measured the effect of core stabilization training on lower limb performance in ballet and modern dancers<sup>36</sup>. The results showed that for the vertical jump performance before the training program, the dancers did not have significant differences between the DL and NDL, while after the training program, the dancers had a significant increase in the DL and NDL<sup>36</sup>. On the other hand, another study investigated the influence of structural muscle factors on vertical jump in female ballet dancers (around 17 years)<sup>37</sup>. It demonstrated significant differences between the DL and NDL during the first trial on a vertical jump that was not linked to muscle mass<sup>37</sup>. However, for the last trial, no differences were observed between the two limb sides, although the DL height of the jump was linked to its muscle mass<sup>37</sup>. Thus, the findings in the present study agree with the literature, suggesting that female ballet dancers do not have inter-limbs asymmetries in tasks requiring muscle power such as jumps.

The findings of YBT also showed no significant differences between the limbs in any of the three directions reached (ANT, PL, and PM) and the composite score. In addition, previous studies demonstrated that the differences between the limbs in the three directions range between two and three centimeters, and differences bigger than 4 cm in the anterior<sup>38,39</sup> and posterior directions<sup>9</sup> are associated with an increased risk of injury. In contrast, the dancers of the present study had a composite score of 72.47% in DL and 71.74% in NDL; statistically, less than 94% suggested by the literature, indicating more chance to have a lower limb extremity injury<sup>38</sup>.

The YBT is an excellent, quick, and inexpensive method to measure dynamic balance and requires neuromuscular characteristics, such as coordination, flexibility, strength range of movement, proprioception, and balance, activating different muscle groups in each reach direction<sup>39</sup>. A recent study used the YBT and athletic single leg stability to assess ballet dancers between 10 to 17 years, and the results did not identify significant differences between the limbs in the reached directions<sup>40</sup>. Similar results were found in female ballet dancers between 19 to 22 years old<sup>2,40</sup>. Furthermore, studies reported that female dancers from 18 to 24 years also did not demonstrate a significant difference between the limbs in all three (ANT, PL, and PM) reached directions in the modified star excursion balance test, also known as YBT<sup>35,36</sup>. Likewise, another study evaluated the YBT performance in female ballet dancers compared with female non-dancing athletes, aged from 22 to 23 years<sup>41</sup>. The authors observed that the ballet dancers had a value of 71.5% in the ANT direction, 113.5% in the PM direction, and 112.8% in the PL direction, whereas the non-dancer athletes had in all direction values lower (61.3% in the ANT direction, 97% in PM direction and 94.1% in PL direction) than ballet dancers<sup>41</sup>. On the contrary, another study analyzing the YBT in female dancers around 17 years old, showed that the dancers presented asymmetry between the limbs in all directions<sup>42</sup>.

Related to the composite score, previous reports showed that female ballet dancers at a mean age of 20 years have composite score values of around 90.8%<sup>43,44</sup>. Also, full-time preprofessional ballet dancers at a median age of 15 years obtained a composite score of 85.3% in the right and 85.4% in the left limbs<sup>45</sup>. The same study group also demonstrated that male and female ballet dancers at a mean age of 17.9 years had a similar composite score to the previous study (right limb 85.4%, and left limb 87.5%)<sup>9</sup>. Another research group found similar results in dancers aged 19 years old<sup>1</sup>. However, studies showed a composite score higher than 94% in ballet dancers from 18 to 22 years<sup>41</sup>. Therefore, our results are consistent with the literature, suggesting that in all reached directions (ANT, PM, and PL) the female ballet dancers do not present inter-limbs asymmetry, although presenting a composite score lower than the literature indicating a deficit in dynamic balance. Specifically, regarding the composite score found in our study that is lower than the previous studies mentioned above, we hypothesized that could be due to the age of ballet dancers once the neuromusculoskeletal system is not fully matured.

The major strengths of this study are (1) the use of two screening tools that are easy to administer and could easily be incorporated at any activity level and sport; (2) the target population chosen for the study, once there are few studies with young female ballet dancers with the age selected in the present study using the YBT and mainly four horizontal hop tests to evaluate the muscle power and dynamic

balance, thus the study becoming very relevant by the sport specificity and age of the sample. Furthermore, another important point was the analysis of four hop tests providing new very interesting information about the use of these tests in ballet dancers. Limitations of this study must also be noted.

## Study limitations

Regarding the study limitation, although the sample size of the current investigation agrees with similar studies<sup>1,36</sup>, the sample size based on convenience represents a limitation; so, future studies investigating muscle power and dynamic balance in ballet should use a large sample size to increase the external validity of research with ballet dancers.

## Conclusion

In summary, these findings provide important take-home messages. Young female ballet dancers do not have asymmetry inter-limbs in both functional tests used and this may be due that the specific training of dance that stimulates the functional symmetric in jump tasks. However, they have a deficit in dynamic balance demonstrated by the YBT composite score, which might increase the risk of lower limb musculoskeletal injury. Considering that dynamic balance is affected by maturation and growth, this result can be explained by the dancers' age. However, further studies are needed to better understand the ballet dancers' functional performance of lower limbs. These results will also encourage and help multidisciplinary dance teams monitor injuries and can be used as a tool to implement strategies or rehab protocols that aid in the prevention of injuries in ballet dancers.

## Ethical approval

The work included in this manuscript was approved by the Ethical Committee at the University of Caxias do Sul.

## Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in public, commercial, or not-for-profit sectors.

## Conflict of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## Bibliography

- Misegades J, Rasimowicz M, Cabrera J, Vaccaro K, Kenar T, DeLuccio J, et al. Functional movement and dynamic balance in entry level university dancers. *Int J Sports Phys Ther*. 2020;15:548-56.
- Twitchett EA, Koutedakis Y, Wyon MA. Physiological fitness and professional classical ballet performance: a brief review. *J Strength Cond Res*. 2009;23:2732-40.
- Smith TO, Davies L, de Medici A, Hakim A, Haddad F, Macgregor A. Prevalence and profile of musculoskeletal injuries in ballet dancers: a systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2016;19:50-6.



4. Grego LG, Monteiro HL, Padovani CR, Gonçalves A. Dance injuries: hybrid cross-study in dance schools in the City of Bauru State of São Paulo. *Rev Bras Med Esporte*. 1999;5:47-54.
5. Picon AP, Lobo da Costa PG, Sousa F, Sacco ICN, Amadio AC. Biomecânica e "ballet" classico: uma avaliação de grandezas dinâmicas "sauté" em primeira posição e da posição "em pointe" em sapatilhas de ponta. *Rev Paul Educ Fis*. 2002;16:53-60.
6. Costa MSS, Ferreira AS, Orsini M, Silva EB, Felício LR. Characteristics and prevalence of musculoskeletal injury in professional and non-professional ballet dancers. *Braz J Phys Ther*. 2016;20:166-75.
7. Leanderson C, Leanderson J, Wykman A, Strender LE, Johansson SE, Sundquist K. Musculoskeletal injuries in young ballet dancers. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2011;19:1531-5.
8. Kenny SJ, Palacios-Derflingher L, Owoeye OBA, Whittaker JL, Emery CA. Between-day reliability of pre-participation screening components in pre-professional ballet and contemporary dancers. *J Dance Med Sci*. 2018;22:54-62.
9. Gonell AC, Romero JA, Soler LM. Relationship between the Y balance test scores and soft tissue injury incidence in a soccer team. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10:955-66.
10. Kramer TA, Scok RS, Pfeifer CE, Gatens DR, Goins JM, Stodden D. The association between the functional movement screen TM, Y-Balance test, and physical performance tests in male and female high school athletes. *Int J Sports Phys Ther*. 2019;14:911-9.
11. Fitzgerald GK, Lephart SM, Hwang JH, Wainner RS. Hop tests as predictors of dynamic knee stability. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001;31:588-97.
12. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. The reliability of the star excursion balance test and lower quarter Y-balance test in healthy adults: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther*. 2019;14:683-94.
13. Hegedus EJ, McDonough S, Bleakley C, Cook CE, Baxter GD. Clinician-friendly lower extremity physical performance measures in athletes: a systematic review of measurement properties and correlation with injury, part 1. The tests for knee function including the hop tests. *Br J Sports Med*. 2015;49:642-8.
14. Root H, Marshall AN, Thatcher A, Valier ARS, McLeod TCV, Bay RC. Sport specialization and fitness and functional task performance among youth competitive gymnasts. *J Athl Train*. 2019;54:1095-104.
15. Read PJ, Oliver JL, Myer GD, Farooq A, Croix MDS, Lloyd RS. Utility of the anterior reach Y-balance test as an injury risk screening tool in elite male youth soccer players. *Phys Ther Sport*. 2020;45:103-10.
16. Warren M, Lining MR, Smith CA, Copp AJ, Chimera NJ. Association of functional screening tests and noncontact injuries in division I women students athletes. *J Strength Cond Res*. 2020;34:2302-11.
17. Guirelli AR, Carvalho CA, Dos Santos JM, Felício LR. Relationship between the strength of the hip and knee stabilizer muscles and the Y balance test performance in adolescent volleyball athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021;62:1326-32.
18. Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ, Petersen RDS. *Métodos de pesquisa m atividade física*. Porto Alegre. Artmed, 6ª edição; 2012.
19. Brumitt J, Heiderscheit BC, Manske RC, Niemuth PE, Rauh MJ. Lower extremity functional tests and risk of injury in division iii collegiate athletes. *Int J Sports Phys Ther*. 2013;8: 216-27.
20. Myers BA, Jenkins WL, Killian C, Rundquist P. Normative data for hop tests in high school and collegiate basketball and soccer players. *Int J Sports Phys Ther*. 2014;9:596-603.
21. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med*. 1991;19:513-8.
22. Östenberg A, Roos E, Ekdahl C, Roos H. Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 1998;8:257-64.
23. Wiprich MT, Silva C, Cecconi MP, Plein RF, Tadiello GS, Bonetti LV. Assessment of the lower extremity functional and muscular performance in young female handball athletes. *Kinesiology*. 2022;1:62-71.
24. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther* 2009;4:92-9.
25. Golomer E, Féry YA. Unilateral jump behavior in young professional female ballet dancers. *Int J Neurosci*. 2001;110:1-7.
26. Lin CW, Su FC, Wu HW, Lin CF. Effects of leg dominance on performance of ballet turns (pirouettes) by experienced and novice dancers. *J Sports Sci*. 2013;31:1781-8.
27. Kimmerle M. Lateral bias, functional asymmetry, dance training and dance injuries. *J Dance Med Sci*. 2010;14:58-66.
28. Guan Y, Bredin SSD, Taunton J, Jiang Q, Wu N, Warburton DER. Association between inter-limb asymmetries in lower-limb functional performance and sport injury: a systematic review of prospective cohort studies. *J Clin Med*. 2022;11:360-73.
29. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Rosseti M, Carpes FP, et al. Do asymmetry scores influence speed and power performance in elite female soccer players? *Biol Sport*. 2019;36:209-16.
30. Bishop C, Read P, McCubbine J, Turner A. Vertical and horizontal asymmetries are related to slower sprinting and jump performance in elite youth female soccer players. *J Strength Cond Res*. 2021;35:56-63.
31. Barber SD, Noyes FR, Mangine RE, McCloskey JW, Hartman W. Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. *Clin Orthop Rel Res*. 1990;6:204-14.
32. Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffuletti N, Marcora SM. A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39: 2044-50.
33. Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *Br J Sports Med*. 2016;50:946-51.
34. Bishop C, Turner A, Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *J Sports Sci*. 2018;36:1135-44.
35. Ambegaonkar JP, Caswell SV, Cortes N. Lower extremity horizontal work, but not vertical power, predicts balance performance in female collegiate dancers. *J Dance Med Sci*. 2018;22:75-80.
36. Kalaycioglu T, Apostolopoulos NC, Goldere S, Duger T, Baltaci G. Effect of a core stabilization training program performance of ballet and modern dancers. *J Strength Cond Res*. 2018;34:1166-75.
37. Golomer E, Keller J, Féry YA, Testa M. Unipodal performance and leg muscle mass in jumping skills among ballet dancers. *Percept Mot Skills*. 2004;98:415-8.
38. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36:911-9.
39. Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Association of Y balance test reach asymmetry and injury in division 1 athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47:136-41.
40. Hung YJ, Boehm J, Reynolds M, Whitehead K, Leland K. Do single-leg balance control and lower extremity muscle strength correlate with ankle instability and leg injuries in young ballet dancers? *J Dance Med Sci*. 2021;25:110-6.
41. Alfuth M, Luetkecosmann J, Knicker A. Comparison of plantar sensitivity, dynamic balance, and lower extremity joint range of motion between experienced female ballet dancers and female non-dancing athletes: a cross-sectional study. *J Dance Med Sci*. 2021;25:238-48.
42. Nunes LB, Borges AP, Rodrigues BRF, Franco FS, de Carvalho LAN, Pires VCMC, de Oliveira ALF. The importance of the Y balance test as a predictor of ballerina injuries. *Braz J Dev*. 2021;7:61814-28.
43. Ambegaonkar JP, Caswell SV, Winchester JB, Shimokochi Y, Cortes N, Caswell AM. Balance comparisons between female dancers and active nondancers. *Res Q Exerc Sport*. 2013;84:24-9.
44. Harmon BV, Reed AB, Rogers RR, Marshall MR, Pederson JA, Williams TD, et al. Differences in balance ability and motor control between dancers and non-dancers with varying foot positions. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2020;5:54-61.
45. Kenny SJ, Palacios-Derflingher L, Shi Q, Whittaker JL, Emery CA. Association between previous injury and risk factors for future injury in preprofessional ballet and contemporary dancers. *Clin J Sports Med*. 2019;29:209-17.

# Rehabilitación mediante ejercicio de alta intensidad en las fases tempranas del ictus: revisión sistemática y metaanálisis

Pedro Diez Solórzano<sup>1,2</sup>, Iria Causín Fórneas<sup>3</sup>, Iris Ontanilla Bayón<sup>3</sup>, Ana Pedruelo Fraile<sup>3</sup>, María Medina-Sánchez<sup>2,4</sup>, Hugo Olmedillas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología Funcional. Universidad de Oviedo. Oviedo. <sup>2</sup>Grupo de Investigación en rendimiento, readaptación físico-deportiva, entrenamiento y salud (AstuRES). Oviedo. <sup>3</sup>Universidad de Oviedo. Oviedo. <sup>4</sup>Departamento de Cirugía. Universidad de Oviedo. Oviedo.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00151

**Recibido:** 30/05/2023  
**Aceptado:** 28/07/2023

## Resumen

**Introducción:** El ejercicio de alta intensidad (HIT) ha demostrado ser un modelo seguro y factible que ofrece beneficios en la salud de los pacientes con ictus. El objetivo de este metaanálisis fue examinar los efectos del ejercicio de alta intensidad sobre la recuperación funcional y la calidad de vida relacionada con la salud en las fases aguda y subaguda del ictus.

**Material y método:** Se realizó una búsqueda en seis bases de datos de hasta octubre de 2023 de ensayos clínicos que investigaron los efectos de HIT comparado con otras intervenciones de ejercicio en los primeros seis meses tras haber sufrido un accidente cerebrovascular.

**Resultados:** Se identificaron siete artículos en los que se estudió a 163 pacientes con una media de edad de 65 años. Se hallaron diferencias estadísticamente significativas para las variables de calidad de vida y salud (diferencia de medias estandarizadas [DME] promedio 1,07, con un intervalo de confianza del 95% [IC95%] de 0,94-1,33;  $p < 0,001$ ), y para el equilibrio (DME 0,86, IC95% 0,41-1,30;  $p = 0,0002$ ); mientras que para la variable salud mental (DME 0,05, IC95% -0,33-0,44;  $p = 0,79$ ) y capacidad cardiorrespiratoria (DME 0,56, IC95% -0,01-1,14;  $p = 0,055$ ) los resultados del metaanálisis fueron no significativos.

**Conclusiones:** Estos resultados sugieren que la implementación de un protocolo HIT es beneficioso para la mejora de la calidad de vida y la salud, así como mostrarse como una estrategia segura en pacientes en fases aguda y subaguda del ictus.

## Palabras clave:

Condición física. Ejercicio terapéutico.  
Calidad de vida. Salud.

## Rehabilitation with high intensity training in the early phases of stroke: a systematic review and meta-analysis

### Summary

**Introduction:** High intensity training (HIT) has been shown to be safe and feasible, and to report many health related benefits to stroke patients. The objective of this review was to examine the effects of high intensity exercise on functional recovery and health related quality of life in the acute and subacute phases of stroke.

**Material and method:** Six databases were searched up to October 2023, looking for studies that compared the effect of HIT to other exercise interventions in the first six months after having a stroke.

**Results:** Seven papers were identified 163 patients were studied with a mean age of 65 years. Statistically significant differences were found for the variables of quality of life and health (average standardized mean difference [SMD] 1,07, with a 95% Confidence Interval [95%CI] of 0,94-1,33;  $p < 0,001$ ), and balance (SMD 0,86, 95%CI 0,41-1,30;  $p = 0,0002$ ); while for the variable mental health (SMD 0,05, 95%CI -0,33-0,44;  $p = 0,79$ ) and cardiorespiratory fitness (SMD 0,56, 95%CI -0,01-1,14;  $p = 0,055$ ) the results of the meta-analysis were not significant.

**Conclusions:** These results suggest that the implementation of HIT protocol has positive results on quality of life and health of stroke patients, and is safe during the acute and subacute stages of stroke.

## Key words:

Physical Condition. Therapeutic exercise. Quality of life. Health.

**Correspondencia:** Hugo Olmedillas  
E-mail: olmedillashugo@uniiovi.es

## Introducción

En las últimas décadas se ha podido observar un envejecimiento progresivo y significativo en las poblaciones occidentales. Esto ha concurrido a un incremento en la incidencia de dolencias asociadas con la edad, siendo el ictus la tercera patología más relevante dentro de ese grupo en 2019<sup>1</sup>. Durante ese mismo año, se registraron a nivel mundial más de 12 millones de casos nuevos de ictus, y casi 7 millones de fallecimientos<sup>2</sup>. Tanto en España como en toda Europa, el ictus es la segunda causa de demencia por detrás de la Enfermedad de Alzheimer y la primera de discapacidad<sup>3</sup>.

Las principales secuelas de pacientes que han sufrido un ictus son la reducción del control motor y las alteraciones de la sensibilidad<sup>4</sup>. Además, tienen reducida su capacidad cardiorrespiratoria en un 50%<sup>5</sup>, lo que conduce a una mayor inactividad física<sup>6</sup> incrementándose el riesgo de recidiva del ictus<sup>7</sup>.

El ejercicio de alta intensidad incluye cualquier modelo de ejercicio en la que se alcance al menos el 70% de la frecuencia cardíaca de reserva (FC reserva) o del consumo de oxígeno máximo (VO<sub>2</sub>máx), el 75% de la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) o la puntuación de 14 en la escala de esfuerzo percibido de Borg (RPE)<sup>8</sup>. Puede ser aplicado de manera continua o intervalos, mediante series cortas de alto esfuerzo y que se alternan con periodos de baja actividad<sup>9</sup>.

En la actualidad, los programas de rehabilitación para los pacientes con ictus inciden de forma limitada en la recuperación de la capacidad aeróbica<sup>10</sup>. Sin embargo, a raíz de los beneficios y la seguridad reportados por protocolos HIT en individuos sanos y pacientes con otras enfermedades crónicas<sup>11,12</sup>, se ha propuesto la inclusión de este modelo de ejercicio con el objetivo de reducir la morbilidad en pacientes con ictus<sup>10</sup>. Además, también hay evidencia de que su realización sería segura y beneficiosa para la salud cardiopulmonar de estos pacientes<sup>13-15</sup>, aunque aún está en discusión cuál sería el mejor protocolo de ejercicio<sup>10,16</sup>.

Se ha demostrado que el potencial de recuperación funcional es mayor en los primeros meses tras la aparición del ictus<sup>4</sup>, pero el grueso de la evidencia existente estudia el impacto del ejercicio de alta intensidad en la rehabilitación de esta enfermedad incluyendo todas sus etapas o solo la crónica. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión ha sido estudiar el efecto de las intervenciones HIT en las fases aguda y subaguda de los pacientes con ictus.

## Material y método

Esta revisión sistemática con metaanálisis se completó de acuerdo con la guía de PRISMA "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses"<sup>17</sup>.

### Estrategia de búsqueda

Se incluyeron todos los ensayos clínicos que estudiaron los efectos del HIT en pacientes que se encontraban en las fases aguda y subaguda. Los estudios se consideraron para su inclusión independientemente del tamaño, siempre que incluyeran un grupo control para comparar resultados.

Se realizó la búsqueda de artículos a través de las bases de datos Medline vía PubMed, Cochrane Library (Wiley), Web of Science (Clarivate), Embase vía embase.com (Elsevier), SportDiscus (EBSCOhost) y BVS Salud (Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde-LILACS) hasta octubre de 2023. Se utilizó vocabulario controlado (términos MeSH), empleando palabras clave y sus sinónimos para sensibilizar la búsqueda. Se verificaron las referencias de los artículos incluidos en revisiones sistemáticas para identificar otros estudios potencialmente elegibles. Se utilizó una combinación de los siguientes términos: "stroke", "ischemic stroke", "hemorrhagic stroke", "cerebrovascular accident", "cerebrovascular disorder", "intensity training", "intensity exercise", "aerobic intensity", "physical therapy", "high intensity training", "high intensity exercise", "aerobic interval training", "continuous moderate exercise".

Este estudio se registró en PROSPERO *International Prospective Register of Systematic Reviews* (CRD42023432785). Se obtuvieron títulos y resúmenes de estudios que pudieran ser relevantes para esta revisión. Dos autoras verificaron los criterios de inclusión de los estudios encontrados. En caso de que surgieran discrepancias al respecto, se llegaba a un consenso a través de una puesta en común. Posteriormente, se evaluaron los artículos de texto completo utilizando los criterios de inclusión y exclusión.

### Selección de los estudios y criterios de elegibilidad

Como criterios de inclusión, se establecieron los siguientes: 1) ensayos clínicos, 2) con intervención descrita que incluyera alta intensidad según los criterios de la ESC, y 3) ictus en fase aguda o subaguda.

Como criterios de exclusión se seleccionaron: 1) ictus en fase crónica, 2) medición de la intensidad en otra variable que no fuera VO<sub>2</sub>, FC o RPE y 3) intervenciones que no incluyeran ejercicio aeróbico, definido como cualquier actividad que utilice grandes grupos musculares, pueda mantenerse de forma continua y sea de naturaleza rítmica<sup>18</sup>.

### Extracción de datos y análisis del riesgo de sesgo y calidad

Se recopiló la siguiente información de los estudios originales seleccionados: autores, año de publicación, características de los pacientes (edad y media de tiempo transcurrido tras la aparición del ACV), características de la intervención (duración e intensidad de las sesiones), y las medidas de resultado con su significación estadística (Tabla 1).

La calidad de los estudios fue evaluada utilizando la escala PEDro<sup>19</sup>, así como el nivel de evidencia con el instrumento del Centro de Medicina Basada en la Evidencia de la Universidad de Oxford (OCEBM)<sup>20</sup>.

### Análisis estadístico

Se utilizó Jamovi v2.3.21 para la realización de este metaanálisis. En todos los estudios, que presentaron variables continuas de datos, se escogió la diferencia de medias estandarizada (DME) entre los valores pre y post-intervención con un intervalo de confianza del 95% como medida resultado (Tabla 2). Para la variable presente en más de dos estudios se empleó el modelo de efectos aleatorios como enfoque estadístico. En cuanto al resto de variables, a comparar entre solo dos estudios, se utilizó el modelo de efectos fijos para su análisis<sup>21</sup>.



Tabla 1. Comparación de estudios.

Autores/ Año/Tipo de Estudio	Muestra	Intervención experimental	Control	Objetivo	Conclusiones	Medición
Hornby <i>et al.</i> 2022  Análisis secundario	n=44 (HIT n=27 / fisioterapia convencional control n=17) Sujetos con deficiencias locomotoras de 1-6 meses post ACV 18-75 años	Caminar (escaleras, suelo, cinta ergométrica) alcanzando el 80% de la FC res 40 sesiones, durante 10 semanas. 40 min de pasos por sesión	Tareas funcio- nales a menores intensidades (<40% de la FC res)	Realizar un análisis económico comparando los costes y la eficacia del programa de HIT con terapias físicas convencionales en sujetos con ACV subagudo	Los costes fueron superiores con el protocolo HIT, aunque los beneficios obtenidos por los sujetos (AVAC y SSS) favorecieron a este grupo, lo que justificaría su aplicación	ICERs AVAC (Physical SF-36) SSS
Leddy <i>et al.</i> 2016  Análisis secundario	n= 33 (HIT n=21 / intervención convencional n=12)	Práctica continua de pasos en múltiples entornos manteniendo 70-80% de HRR/RPE de 15-17 (Escala de Borg) Cinta rodante, suelo y escalera 40 sesiones, 8-10 semanas Sesiones de 1h (40 min de pasos)	Fisioterapia estándar	Evaluar los cambios en el rendimiento del ejercicio aeróbico en pacientes con ACV subagudo después de entrenamiento de alta intensidad en comparación con terapia convencional	Mejoras significativas en VO <sub>2</sub> submáx después del entrenamiento experimental, con disminuciones menores, no significativamente, en el VO <sub>2</sub> pico y VO <sub>2</sub> máx, en favor del grupo intervención Ganancias sustanciales en las funciones metabólicas y locomotoras en favor del grupo HIT	Pulsioxímetro 6MWT Calorímetro indirecto portátil
Sandberg <i>et al.</i> 2016  Ensayo controlado aleatorizado	n= 56 (HIIT n=29 / control n=27) Mediana de 20 días post ACV Media edad 70 años (53-87) Sesiones en hospital (no ingresados)	60 min de ejercicio aeróbico 2/semana, durante 12 semanas Cicloergómetro Intervalos: llegar a ≥75% VO <sub>2</sub> máx / 80% FC máx 14-15 Escala de Borg	Ningún tipo de rehabilitación. Consejos generales sobre intentar volver a sus capacidades previas al ACV Baja intensidad: caminando/esti- rando	Examinar los efectos de la actividad aeróbica intensa 2/ semana, durante 12 semanas en la funci- ón física y la calidad de vida en sujetos con ACV subagudo	Mejoría de la capacidad aeróbica y la distancia recorrida en favor del grupo intervención Mejoría en las medidas auto-percibidas (EQ-5D y SIS) en favor del grupo intervención	GCTT-TT 6MWT MWS10m TUG SLS EQ-5D SIS FC
Mahtani <i>et al.</i> 2017  Análisis secundario	n= 36 (HIT n=23 / control n=13) 1-6 meses post ACV 18-75 años Ambulatorio	40 sesiones, 60 min/ sesión durante 10 semanas, 4-5 sesiones/ semana 70-80% FC res o 15-17 Escala de Borg Ejercicio continuado Cinta ergométrica	Intervenciones convencionales fisioterapia 40 sesiones en 10 semanas	Evaluar el efecto de 10 semanas de entre- namiento de marcha de alta intensidad frente a intervencio- nes convencionales en la cinemática del paso en individuos con ACV subagudo	Mejoría significativa en velocidad, simetría y cinemáticas en el plano sagital en favor del grupo intervención Incremento asociado de conductas compensatorias	Velocidad, cadencia, longitud de la zancada, simetría espacial y temporal ROM de las articulaciones Sistema de captura de movimiento con 8 cámaras y 32 marcadores reflectantes
Wijkman <i>et al.</i> 2017.  Análisis secundario	n= 53 (HIIT n=29 / control n=27 / 3 sujetos excluidos en el proceso) Media edad 70 años (53-87) Mediana 22 días post ACV Sesiones en el hospital (no ingresados)	Sesiones de 60 min, 2/semana, durante 12 semanas HIIT: 14-15 Escala de Borg/ 75% VO <sub>2</sub> máx/ 80% FC máx Cicloergómetro	Consejos generales sobre actividad física, sin programa específico	Determinar si el in- cremento exagerado de la tensión arterial con el ejercicio en sujetos con ACV se ve modulado por la actividad aeróbica	Los sujetos del grupo intervención llegan a niveles de trabajo más altos, y su capacidad aeróbica y funcional se ve beneficiada frente al grupo control La TA sistólica permanece igual tras 12 semanas de programa	FC TA WR

(continúa)

Tabla 1. Comparación de estudios (continuación).

Autores/ Año/Tipo de Estudio	Muestra	Intervención experimental	Control	Objetivo	Conclusiones	Medición
Hornby <i>et al.</i> 2016  Ensayo controlado aleatorizado	n=32 (HIT n=15 / control n=17) 1-6 meses post ACV (media de 101 días) Ambulatorio	40 sesiones, 60 min/ sesión durante 10 semanas, 4-5 sesiones/ semana 70-80% de FC res / Escala de Borg $\geq$ 14 Ejercicio continuado Inicialmente cinta ergo- métrica. Más tarde cinta / suelo / escaleras	Fisioterapia convencional, 40 sesiones durante 10 semanas Caminar en cinta o sobre suelo 30-40% FC res	Examinar la eficacia del entrenamiento de alta intensidad centrado en marcha sobre la capacidad de andar y otros ámbitos funcionales en sujetos 1-6 meses post ACV, compa- rado con terapia convencional	Mayor mejoría en la capacidad de andar y participación para HIT Diferencias en SSS y 6MWT significativas para HIT Diferencias en simetría espaciotemporal Equilibrio en bipedestación y STS presentan resultados similares entre grupos	6MWT SSS STS
Krawczyk <i>et al.</i> 2019  Ensayo controlado aleatorizado	n= 71 (HIIT n=40 / control n= 31) 1-21 días post ACV	Cuidados convencio- nales, protocolo HIIT 3x3 min + 2 min de recuperación activa 5 sesiones/semana, durante 12 semanas 77-93% FCmáx / 14-16 Escala de Borg / TT Modalidad de elección propia Para favorecer el cum- plimiento se proveía de una bicicleta estática en caso de ser necesario	Charla moti- vacional sobre cambios en los hábitos de vida, sugerencia de diferentes tipos de ejercicio aeró- bico, medicación (prevención secundaria), monitorización de su actividad	Conocer si el entrenamiento de HIIT es eficaz y seguro para los pacientes con ACV lacunar	El HIIT es seguro y eficaz para pacientes con ACV lacunar Los pacientes pueden involucrarse pronto en esta práctica en su propia casa cuando eligen la modalidad del ejercicio En 3 meses no hubo efectos sobre la capacidad cardiorrespiratoria El aumento en la actividad física no se tradujo en mejora en la producción de potencia de GCT-TT HIIT no mejoró significativamente el bienestar general (depresión, estrés crónico, fatiga, cognición y calidad de vida) ni la función cardiovascular (presión arterial y función endotelial)	CRF con GCT-TT MFI-20 MDI WHO-5 MoCA PAS2 Biomarcadores en sangre venosa Tensiómetro (EndoPAT 2000) Monitor composición corporal (OMRON IMC) Acelerómetro (AX3) Algómetro

n: número de sujetos; ACV: accidente cerebrovascular; HIT: entrenamiento de alta intensidad; HIIT: entrenamiento interválico de alta intensidad; FC: frecuencia cardíaca; FC máx: frecuencia cardíaca máxima; FC res: frecuencia cardíaca de reserva; TA: tensión arterial; VO2 máx: consumo máximo de oxígeno; VO2 submáx: consumo submáximo de oxígeno; AVAC: años de vida ajustados por calidad de vida; SSS: velocidad autoseleccionada; ICERS: ratios de costo-efectividad incrementales; Physical SF-36: cuestionario de salud SF-36; EQ-5D: cuestionario de salud EuroQol-5D; SIS: escala de impacto del ictus; RPE: índice de esfuerzo percibido; h: horas; min: minutos; ROM: rango de movimiento; STS: test de sentarse y levantarse; CRF: función cardiorrespiratoria; 6MWT: test de marcha de 6 minutos; GCT: prueba de esfuerzo en cicloergómetro; TT: test del habla; MWS10m: test de máxima velocidad caminando 10 m; WR: capacidad de trabajo; TUG: test de levantarse y caminar; SLS: test de apoyo monopodal; WHO-5: índice de bienestar general WHO-5; MFI-20: inventario multidimensional de fatiga; MDI: inventario de depresión; MoCA: evaluación cognitiva de Montreal; PAS2: escala de actividad física versión 2.1.

En este metaanálisis están incluidos estudios secundarios sobre el mismo ensayo, de forma que, a pesar de existir variables comparables entre ellos, no se pueden analizar, limitando el tamaño de este trabajo. Esto resulta un impedimento a la hora de realizar el análisis, pues haberlas tenido en cuenta habría supuesto la magnificación del efecto, dado que son variables medidas sobre los mismos pacientes.

## Resultados

### Revisión sistemática

Tal y como se puede ver en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1), se identificaron 2.052 estudios y finalmente siete artículos se han incluido en la revisión.

### Características de los estudios incluidos

De los siete artículos, tres de ellos son ensayos controlados aleatorizados (ECA)<sup>22-24</sup> y los restantes son análisis secundarios de los mismos<sup>25-28</sup>. Siendo Hornby *et al.* 2022<sup>28</sup>, Leddy *et al.*<sup>26</sup> y Mahtani *et al.*<sup>27</sup> análisis secundarios de Hornby *et al.* 2016<sup>23</sup>, Wijkman *et al.*<sup>25</sup> secundario de Sandberg *et al.*<sup>24</sup>, y siendo Krawczyk *et al.*<sup>22</sup> independiente.

Los estudios fueron publicados en un intervalo de tiempo que data de 2016 hasta el más actual en 2022. Se llevaron a cabo en distintos países, entre los que se incluyen Dinamarca, Suecia y Estados Unidos.

### Características de los participantes

Los participantes que forman parte de los estudios analizados se encuentran en un rango de edad de entre los 18 y los 75 años. Los

Tabla 2. Medidas estandarizadas para las variables del metaanálisis.

Variables	Artículo	Resultado a medir	Nº de sujetos	Grupo intervención			Grupo control		
				Ni	DMi	DE DMi	Nc	DMc	DE DMc
Capacidad cardiorrespiratoria	Sandberg <i>et al.</i> 2016	6MWT (m)	56	29	105,1	76,2	27	35,9	93,2
	Hornby <i>et al.</i> 2016	6MWT (m)	32	15	116,0	101,4	17	29,0	77,5
	Krawcyk <i>et al.</i> 2019	GCT-TT (Watts)	63	31	7,7	31,7	32	6,7	32,7
Calidad de vida y salud	Sandberg <i>et al.</i> 2016	EQ5D VAS	56	29	14,9	16,6	27	0,7	12,9
	Hornby <i>et al.</i> 2016	Physical SF36	32	15	9,0	4,9	17	2,0	5,3
Salud mental	Krawcyk <i>et al.</i> 2019	WHO-5	63	31	4,0	15,3	32	5,0	12,4
	Hornby <i>et al.</i> 2022	Subdominio mental health	44	27	3,0	13,1	17	0,0	10,6
Equilibrio	Sandberg <i>et al.</i> 2016	SLS	56	29	10,4	7,4	27	0,9	7,6
	Hornby <i>et al.</i> 2016	Escala Berg	32	15	8,0	10,6	17	5,0	10,8

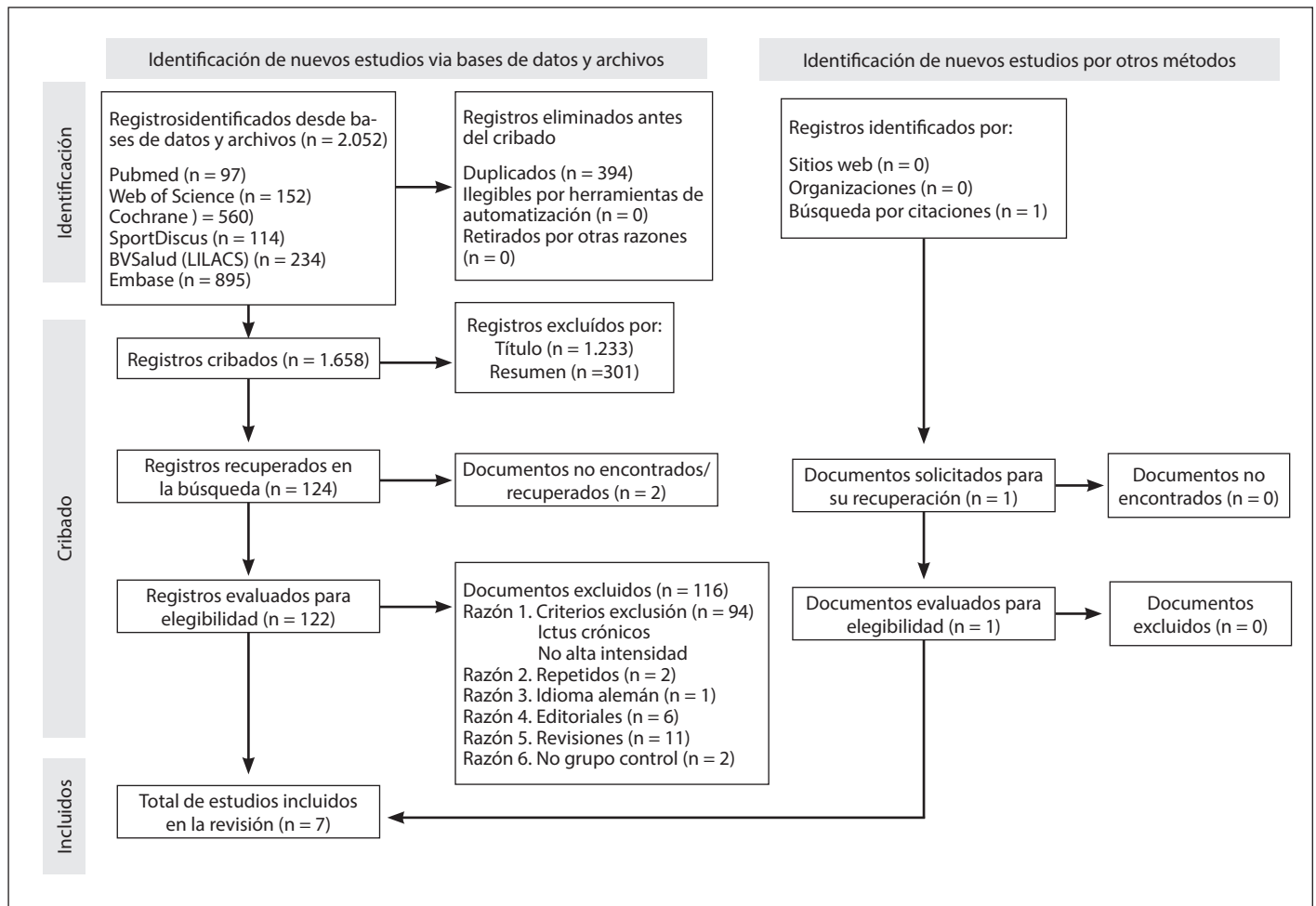
Variables	Artículo	Resultado a medir	Ni	Grupo intervención					
				Valor PREi	DE PREi	Valor POSTi	DE POSTi	DMi	DE DMi
Capacidad cardiorrespiratoria	Sandberg <i>et al.</i> 2016	6MWT (m)	29	394,7	114,7	499,8	93,1	105,1	76,2
	Hornby <i>et al.</i> 2016	6MWT (m)	15	116,0	88,0	232,0	149,0	116,0	101,4
	Krawcyk <i>et al.</i> 2019	GCT-TT (Watts)	31	118,5	43,1	126,2	46,3	7,7	31,7
Calidad de vida y salud	Sandberg <i>et al.</i> 2016	EQ5D VAS	29	72,3	22,3	87,2	9,1	14,9	16,6
	Hornby <i>et al.</i> 2016	Subdominio mental health	15	35,0	7,3	44,0	6,1	9,0	4,9
Salud mental	Krawcyk <i>et al.</i> 2019	WHO-5	31	65,0	23,0	69,0	16,0	4,0	15,3
	Hornby <i>et al.</i> 2022	Physical SF36	27	51,0	19,0	54,0	18,0	3,0	13,1
Equilibrio	Sandberg <i>et al.</i> 2016	SLS	29	9,6	10,3	20,0	10,6	10,4	7,4
	Hornby <i>et al.</i> 2016	Escala Berg	15	32,0	16,0	40,0	11,0	8,0	10,6

Variables	Artículo	Resultado a medir	Nc	Grupo control					
				Valor PREc	DE PREc	Valor POSTc	DE POSTc	DMc	DE DMc
Capacidad cardiorrespiratoria	Sandberg <i>et al.</i> 2016	6MWT (m)	27	384,3	131,9	420,2	131,6	35,9	93,2
	Hornby <i>et al.</i> 2016	6MWT (m)	17	131,0	108,0	160,0	111,0	29,0	77,5
	Krawcyk <i>et al.</i> 2019	GCT-TT (Watts)	32	119,5	44,0	126,2	47,9	6,7	32,7
Calidad de vida y salud	Sandberg <i>et al.</i> 2016	EQ5D VAS	27	80,4	18,9	81,1	17,5	0,7	12,9
	Hornby <i>et al.</i> 2016	Physical SF36	17	36,0	7,5	38,0	7,4	2,0	5,3
Salud mental	Krawcyk <i>et al.</i> 2019	WHO-5	32	64,0	18,0	69,0	17,0	5,0	12,4
	Hornby <i>et al.</i> 2022	Subdominio mental health	17	63,0	12,0	63,0	16,0	0,0	10,6
Equilibrio	Sandberg <i>et al.</i> 2016	SLS	27	11,8	10,8	12,7	10,7	0,9	7,6
	Hornby <i>et al.</i> 2016	Escala Berg	17	33,0	16,0	38,0	14,0	5,0	10,8

Ni: tamaño muestral en grupo intervención. DMi: diferencia de media estandarizada en grupo intervención. DE DMi: desviación estándar de la diferencia de media estandarizada del grupo intervención. Nc: tamaño muestral en grupo control. DMc: diferencia de media estandarizada en grupo control. DE DMc: desviación estándar de la diferencia de media estandarizada del grupo control. Valor PREi: media de la pre-intervención del grupo experimental. DE PREi: desviación estándar de la pre-intervención del grupo experimental. Valor PREc: media de la pre-intervención del grupo control. DE PREc: desviación estándar de la pre-intervención del grupo control. 6MWT: test de marcha de 6 minutos; GCT-TT: prueba de esfuerzo en cicloergómetro con test del habla; EQ5D VAS: cuestionario EuroQol-5D; Physical SF36: cuestionario de salud SF36; Subdominio mental health: cuestionario de salud SF-36, subdominio salud mental; WHO-5: índice de bienestar general WHO-5; SLS: test de apoyo monopodal; m: metros; Watts: vatios.

Figura 1. Diagrama de flujo de PRISMA.



Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Bouiron I, Hoffman TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an update guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71. Para más información <http://www.prisma-statement.org/>

participantes debían tener una mínima estabilidad y movilidad que permitiese el ejercicio (posibilidad de caminar cinco metros con mínima o moderada asistencia), así como capacidad de entender instrucciones escritas y habladas, incluyendo la capacidad de dar el consentimiento informado<sup>22-28</sup>.

### Características de las intervenciones y condiciones de los grupos de control

Se refleja en la Tabla 3 la información recogida sobre la intervención de los estudios de este trabajo, incluyendo ECAs y análisis secundarios. En tres estudios<sup>22,24,25</sup> se empleó un esquema de intervención basado en ejercicio a intervalos, mientras que los otros cuatro utilizaron ejercicio continuo. Fueron distintos los instrumentos en los que se realizó la rehabilitación: el tapiz rodante se empleó en cuatro de los estudios<sup>23,26-28</sup>, el ergómetro en tres<sup>22,24,25</sup>, y en otros tres de ellos también se usaron las escaleras o la marcha en terreno llano<sup>23,26,27</sup>.

Se emplearon distintos parámetros para medir la intensidad del ejercicio, siendo posible utilizar varios de ellos en cada estudio: la VO<sub>2</sub>máx y la FCmáx se utilizó en dos estudios<sup>24,25</sup>, la FC de reserva en cinco<sup>23,26-29</sup> y la puntuación de RPE en otros cinco<sup>22,23,25-27</sup>.

La intervención se extendió entre ocho y doce semanas. En cuanto a la frecuencia de las mismas, en dos publicaciones fue de dos días a la semana<sup>24,25</sup>, en tanto que en los demás se ejercitaban entre cuatro y cinco días a la semana. De todos ellos, sólo un estudio tenía una duración inferior a 40 minutos<sup>22</sup>. Finalmente, seis estudios se llevaron a cabo en un ámbito ambulatorio y solo uno en un entorno hospitalario<sup>25</sup>.

Se añade entre paréntesis en ciertos apartados un "(+12)" que corresponde a pacientes del protocolo de Holleran *et al.*<sup>29</sup>, un estudio preliminar que se hizo para saber si era posible la realización del ensayo de Hornby *et al.*<sup>23</sup>, y por tanto que sigue la misma intervención, pero cuyos pacientes no fueron añadidos en las tablas ya que carece de grupo de control.



Tabla 3. Comparación de las intervenciones.

Intervención	Subtipo	ECAs y análisis secundarios	Participantes
Tipo	HIT	4	86(+12)
	HIIT	3	98
Modo	Cinta ergométrica	4	86(+12)
	Cicloergómetro	3	98
	Suelo/escaleras	3	63(+12)
Medida de intensidad	VO <sub>2</sub> máx	2	58
	FCmáx	2	85
	FC res	5	99(+12)
	RPE (Borg)	5	128(+12)
Tiempo	≤40 min	1	40
	≥40 min	6	144(+12)
Frecuencia	≤4 días/semana	2	58
	4-5 días/semana	5	126(+12)
Duración del programa	8-12 semanas	7	184(+12)
Entorno	Hospitalario	1	29
	Ambulatorio	6	155(+12)

HIT: entrenamiento de alta intensidad. HIIT: entrenamiento interválico de alta intensidad. VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno. FCmáx: frecuencia cardíaca máxima. FC res: frecuencia cardíaca de reserva. RPE (Borg): índice de esfuerzo percibido (escala de Borg). "(+12)" corresponde a los sujetos del protocolo Holleran *et al*.

## Evaluación de la calidad

La calidad metodológica de cada uno de los estudios se halla representada en la Tabla 4. Se observa que cinco de las publicaciones incluidas presentan una buena calidad<sup>22-25,28</sup>, ya que obtuvieron una calificación de entre 6-8 puntos sobre 10. De las dos restantes, una obtuvo una puntuación de 5<sup>27</sup> y la otra de 4<sup>26</sup>, considerándose un nivel de evidencia aceptable.

En todos los estudios se especificaron los criterios de selección, y se iniciaron con grupos de pacientes que presentaban unas características similares de base.

Excepto en uno<sup>26</sup>, todos los sujetos tuvieron una asignación al azar y oculta. En algunos los evaluadores fueron cegados<sup>22-24,26</sup>. Excepto en dos<sup>26,27</sup>, se presentaron resultados de todos los participantes a los que se asignó la intervención o fueron asignados al grupo control, cuando esto no pudo ser, los datos fueron analizados por "intención de tratar". Finalmente, en ninguno de los estudios se obtuvo las medidas de los resultados en más del 85% de los participantes. Esto fue porque no llegaban a ese porcentaje o porque no se hacía mención explícita de ello.

Por otro lado, todos los ensayos cumplieron con los requisitos de un ensayo clínico aleatorizado, clasificándose como nivel 1b.

## Metaanálisis

– *Capacidad cardiorrespiratoria*. Un total de tres estudios informaron sobre datos pre y post-intervención para la capacidad cardiorrespiratoria. Las DME oscilaron entre 0,03 y 0,95, con todas las estimaciones siendo positivas. La DME promedio estimada basada en el modelo de efectos aleatorios fue de 0,56 con un intervalo de

confianza de 95% (IC95%) de entre -0,01 y 1,14. El resultado promedio no presentó diferencias significativas ( $z = 1,92$ ,  $p = 0,055$ ). El test Q para heterogeneidad fue no significativo, pero se observó una heterogeneidad media en los resultados ( $Q(2) = 5,83$ ,  $p = 0,05$ ,  $\tau^2 = 0,16$ ,  $I^2 = 64,8\%$ ). El intervalo de predicción del 95% dado para los resultados oscila entre -0,42 y 1,54 (Figura 2).

- *Calidad de vida y salud*. Un total de dos estudios informaron sobre datos pre y post-intervención para la calidad de vida y la salud. Las DME oscilaron entre 0,94 y 1,33, con todas las estimaciones siendo positivas. La DME promedio estimada basada en el modelo de efectos fijos fue de 1,07 con un IC95% de entre 0,62 y 1,52. El resultado promedio presentó diferencias significativas ( $z = 4,69$ ,  $p < 0,0001$ ). Según el test Q, no hubo una cantidad significativa de heterogeneidad en los resultados verdaderos ( $Q(1) = 0,67$ ,  $p = 0,41$ ,  $I^2 = 0,00\%$ ) (Figura 3).
- *Salud mental*. Un total de dos estudios informaron sobre datos pre y post-intervención para la salud mental. Las DME oscilaron entre -0,07 y 0,24, con la mitad de las estimaciones siendo negativas (50%). La DME promedio estimada basada en el modelo de efectos fijos fue de 0,05 con un IC95% de entre -0,33 y 0,44. El resultado promedio no presentó diferencias significativas ( $z = 0,27$ ,  $p = 0,79$ ). Según el test Q, no hubo una cantidad significativa de heterogeneidad en los resultados verdaderos ( $Q(1) = 0,61$ ,  $p = 0,44$ ,  $I^2 = 0,00\%$ ) (Figura 4).
- *Equilibrio*. Un total de dos estudios informaron sobre datos pre y post-intervención para el equilibrio. Las DME oscilaron entre 0,27 y 1,25, con todas las estimaciones siendo positivas. La DME promedio estimada basada en el modelo de efectos fijos fue de

0,86 con un IC95% de entre 0,41 y 1,30. El resultado promedio presentó diferencias significativas ( $z = 3,79, p = 0,0002$ ). Según el

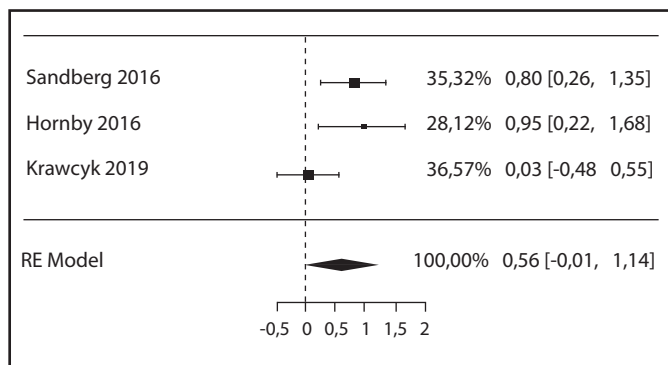
test Q, los resultados verdaderos son aparentemente heterogéneos ( $Q(1) = 4.49, p = 0,03, I^2 = 77,75\%$ ) (Figura 5).

**Tabla 4. Escala PEDro (Physiotherapy Evidence Database).**

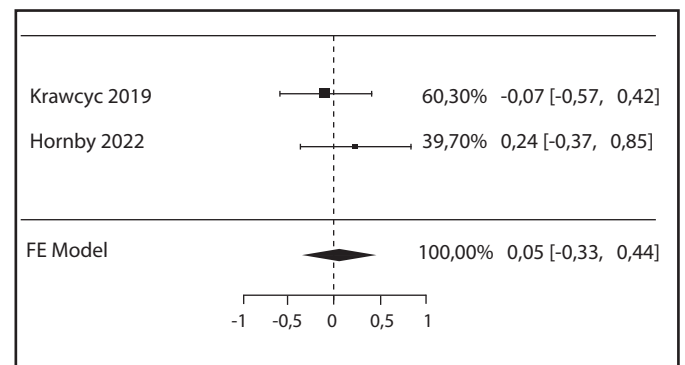
Estudios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total escala PEDro
Hornby <i>et al.</i> 2022	X	X	X	X					X	X	X	6/10
Leddy <i>et al.</i> 2016	X			X			X			X	X	4/10
Krawczyk <i>et al.</i> 2019	X	X	X	X			X		X	X	X	7/10
Sandberg <i>et al.</i> 2016	X	X	X	X			X		X	X	X	7/10
Mahtani <i>et al.</i> 2017	X	X	X	X						X	X	5/10
Wijkman <i>et al.</i> 2018	X	X	X	X					X	X	X	6/10
Hornby <i>et al.</i> 2016	X	X	X	X			X		X	X	X	7/10

1 criterios de elección; 2 asignación al azar; 3 asignación oculta; 4 comparación basal de los grupos; 5 sujetos cegados; 6 terapeutas cegados; 7 evaluadores cegados; 8 medidas resultados clave en >85% sujetos; 9 seguimiento y análisis por "intención de tratar"; 10 comparaciones entre grupos; 11 estimaciones puntuales y variabilidad. Una "X" indica un "sí" de puntuación, y su ausencia un "no".

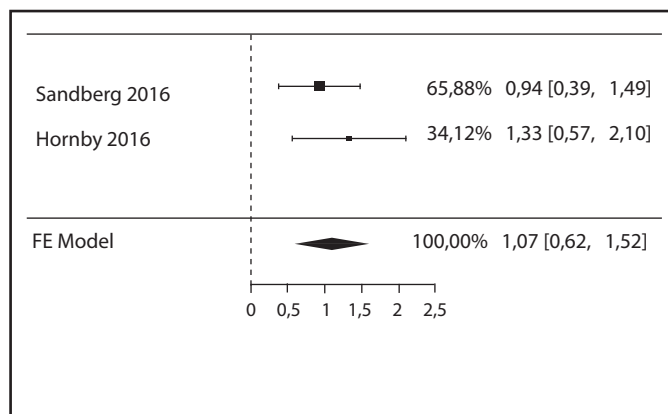
**Figura 2. Diagrama de bosque para capacidad cardiorrespiratoria.**



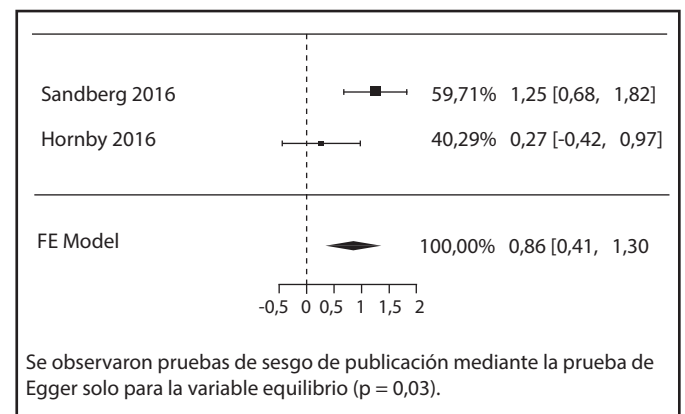
**Figura 4. Diagrama de bosque para salud mental.**



**Figura 3. Diagrama de bosque para calidad de vida y salud.**



**Figura 5. Diagrama de bosque para equilibrio.**



## Eventos adversos

Se analizaron en profundidad los episodios adversos encontrados, sin observarse diferencias significativas entre grupos, siendo similares en cuanto a número de eventos. Se observaron fracturas, heridas, caídas sin daño, dolores articulares y musculares, así como eventos cardiorrespiratorios (hipertensión, angina y broncoaspiración) que requirieron hospitalización<sup>23,26</sup>. Dos artículos no registraron esta información<sup>27,28</sup>, un artículo no presentó eventos adversos relacionados con la intervención<sup>22</sup> y otros dos no presentaron eventos adversos graves durante la totalidad del ensayo<sup>24,25</sup>.

## Discusión

A partir de los datos presentados en este metaanálisis, sugerimos que un protocolo de ejercicio de alta intensidad tiene efectos beneficiosos en la calidad de vida y salud, y equilibrio, pero no significativos en cuanto a salud mental y capacidad cardiorrespiratoria en las fases tempranas de pacientes con ictus comparado con las intervenciones convencionales. En el apartado de análisis cuantitativo se han podido incluir cuatro de los siete artículos, con una calidad de evidencia buena.

### Capacidad cardiorrespiratoria y variables hemodinámicas

Encontramos resultados positivos, aunque no significativos para la capacidad cardiorrespiratoria en el grupo de intervención. En un metaanálisis previo, en el que se incluyó pacientes crónicos se reportó efectos significativos beneficiosos del HIT sobre la capacidad cardiorrespiratoria<sup>13</sup>. Esto podría deberse a que los pacientes en esta fase de la recuperación suelen partir de una capacidad cardiovascular más disminuida, por lo que tienen mayor margen de mejoría. Sin embargo, en las fases tempranas del ictus, el potencial de recuperación de su capacidad a valores pre-ictus es mayor ya que los pacientes no han estado tanto tiempo sufriendo las consecuencias de su enfermedad, y por tanto no han tenido un deterioro por inactividad tan prolongado en el tiempo. Además, una mayor capacidad aeróbica se ha asociado a una reducción de los factores de riesgo cardiovascular y de recurrencia de ictus, en parte por el descenso que provoca en la presión arterial y los niveles séricos de colesterol<sup>30</sup>. Nuestro análisis no estudió las variables hemodinámicas, aunque en los artículos originales Krawczyk *et al.*<sup>22</sup> y Wijkman *et al.*<sup>25</sup> se observó una mejora significativa en la reducción de la frecuencia cardíaca, a favor de la intervención

### Calidad de vida y salud

Estudios previos han confirmado que el ejercicio aeróbico mejora no solo la capacidad cardiorrespiratoria y la discapacidad, sino también la movilidad y el equilibrio en cualquier fase de la recuperación con un nivel de evidencia fuerte<sup>7,16</sup>, lo que incide en su calidad de vida de forma directa. En este sentido, nosotros hemos podido confirmar que el HIT mejora significativamente la calidad de vida y salud en el grupo intervención en comparación con un grupo control. Sin embargo, esto no se corresponde con los resultados descritos previamente por otros autores<sup>31</sup>. Esta discrepancia podría explicarse por la menor intensidad

a las que se sometió el grupo de intervención del citado estudio (60-80% FC reserva).

### Salud mental y cognición

En cuanto a salud mental, en el presente estudio no se observó que el modelo HIT ofreciese un beneficio superior a los protocolos clásicos de rehabilitación. En este sentido, el impacto que el ejercicio aeróbico tiene en la depresión y el bienestar mental actuales no son concluyentes<sup>16</sup>. Esto podría ser debido al limitado número de pacientes reclutados, por lo que los resultados aportados pueden no resultar definitivos.

### Equilibrio

Nuestro análisis cuantitativo coincide con las conclusiones de la revisión de Saunders *et al.*<sup>16</sup> en la que se establece que el ejercicio aeróbico produce una mejoría mayor respecto al equilibrio comparado con las intervenciones convencionales de rehabilitación en cualquier fase de la recuperación con un nivel de evidencia fuerte.

### Cinemática

Los cambios en la cinemática han sido estudiados desde diferentes perspectivas. Así, Holleran *et al.*<sup>29</sup> reportó una mejoría significativa en la velocidad, cadencia y longitud de la zancada. Esto implica que el ejercicio de alta intensidad puede ser un factor que mejore el pronóstico a la hora de recuperar la capacidad de una marcha eficiente, aunque la evidencia hasta la actualidad sea limitada, por el número de estudios encontrados.

### Eventos adversos

No se observaron eventos adversos graves en ninguno de los estudios incluidos. Sin embargo, habría que destacar que, de los siete artículos, sólo en dos se analizaron con profundidad sin mostrarse clara relación con la intervención<sup>23,26</sup>. Otros objetivan la no presentación de eventos adversos graves durante el ensayo<sup>24,25</sup>; Krawczyk *et al.*<sup>22</sup> no encontraron otro ningún tipo de evento adverso; y en los dos últimos no se menciona<sup>27,28</sup>.

Otras revisiones refuerzan la seguridad de HIT en pacientes con ictus en todas las fases de recuperación, como es el caso de Luo *et al.*<sup>13</sup>, Anjos *et al.*<sup>15</sup>, o Fahey *et al.*<sup>32</sup> donde no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de ejercicio de alta intensidad y los controles, no habiendo aumento de la tasa de eventos adversos frente a la rehabilitación convencional.

La evidencia disponible sugiere que ese modelo es seguro y bien tolerado. No obstante, a pesar de la seguridad de los protocolos, Wijkman *et al.*<sup>25</sup> observó una elevación significativa de la presión arterial sistólica como respuesta al ejercicio. Por esta razón, consideramos que es imprescindible que este modelo de ejercicio sea prescrito y supervisado por profesionales capacitados y se adapte cuidadosamente a las necesidades individuales de cada sujeto, junto con un control riguroso de las variables fisiológicas de cada paciente durante la intervención.

### Fortalezas y limitaciones

Se debe tener en cuenta que existe diferente terminología para establecer las intensidades de esfuerzo. En nuestro caso se optó por

seguir las indicaciones de la Sociedad Europea de Cardiología (SEC), por lo que bajo este criterio ha habido estudios que se han descartado, principalmente porque los niveles de intensidad que proponían eran inferiores a los establecidos. Por el contrario, la búsqueda se realizó en las principales bases de datos, por lo que creemos que hemos logrado agrupar a los estudios más relevantes de la materia.

Debido al carácter novedoso de esta línea de investigación (primer estudio recogido 2016), existe una escasa literatura lo que supone una limitación y hemos de ser cautos en las aportaciones aquí presentadas. Sin embargo, el análisis de la calidad metodológica confirma que cinco ensayos obtienen una buena calidad y un nivel de evidencia aceptable en los dos restantes.

## Conclusiones

Nuestro metaanálisis sugiere que la implementación de un protocolo HIT es beneficioso para la mejora de la calidad de vida y la salud, así como mostrarse como una estrategia segura en pacientes en fases aguda y subaguda del ictus.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

## Bibliografía

- Vos T, Lim SS, Abbafati C, Abbas KM, Abbasi M, Abbasifard M, et al. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019. *Lancet*. 2020;396:1204-22.
- Feigin VL, Stark BA, Johnson CO, Roth GA, Bisignano C, Abady GG, et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019. *Lancet Neurol*. 2021;20:795-820.
- Soto Á, Guillén-Grima F, Morales G, Muñoz S, Aguinaga-Ontoso I, Fuentes-Aspe R. Prevalence and incidence of ictus in Europe: systematic review and meta-analysis. *An Sist Sanit Navar*. 2022;45:0979.
- Yochelson MR, Cullen Dennison A, Kolarova AL. Rehabilitación de los accidentes cerebrovasculares. Cifu DX. *Braddom Medicina física y rehabilitación*, 6ª edición. Barcelona. Elsevier España; 2022. p. 954-971.
- MacKay-Lyons MJ, Makrides L. Exercise capacity early after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83:1697-702.
- Bailey RR. Promoting physical activity and nutrition in people with stroke. *Am J Occup Ther*. 2017;71(5):7105360010p1-7105360010p5.
- Billinger SA, Arena R, Bernhardt J, Eng JJ, Franklin BA, Johnson CM, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors. *Stroke*. 2014;45:2532-53.
- Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease: The Task Force on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2021;42(1):17-96.
- Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone JA, et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European association for cardiovascular prevention and rehabilitation, the American association of cardiovascular and pulmonary rehabilitation and the Canadian association of cardiac rehabilitation. *Eur J Prev Cardiol*. 2013;20:442-67.
- Crozier J, Roig M, Eng JJ, MacKay-Lyons M, Fung J, Ploughman M, et al. High-intensity interval training after stroke: an opportunity to promote functional recovery, cardiovascular health, and neuroplasticity. *Neurorehabil Neural Repair*. 2018;32:543-56.
- Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for  $\dot{V}O_{2\max}$  Improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Med*. 2015;45:1469-81.
- Martin-Smith R, Cox A, Buchan DS, Baker JS, Grace F, Sculthorpe N. High intensity interval training (HIT) improves cardiorespiratory fitness (CRF) in healthy, overweight and obese adolescents: a systematic review and meta-analysis of controlled studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:2955.
- Luo L, Meng H, Wang Z, Zhu S, Yuan S, Wang Y, et al. Effect of high-intensity exercise on cardiorespiratory fitness in stroke survivors: A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2020;63:59-68.
- Wiener J, McIntyre A, Janssen S, Chow JTY, Batey C, Teasell R. Effectiveness of high-intensity interval training for fitness and mobility post stroke: a systematic review. *PM&R*. 2019;11:868-78.
- Anjos JM, Neto MG, dos Santos FS, Almeida K de O, Bocchi EA, Lima Bitar Y de S, et al. The impact of high-intensity interval training on functioning and health-related quality of life in post-stroke patients: a systematic review with meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2022;36:726-39.
- Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, Kilrane M, Greig CA, Brazzelli M, et al. Physical fitness training for stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;3:CD003316.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*. 2021;372.
- Wahid A, Manek N, Nichols M, Kelly P, Foster C, Webster P, et al. Quantifying the association between physical activity and cardiovascular disease and diabetes: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2016;5(9):e002495.
- Sherrington C, Herbert RD, Maher CG, Moseley AM, Pedro. A database of randomized trials and systematic reviews in physiotherapy. *Man Ther*. 2000;5:223-6.
- Howick J, Chalmers I, Glasziou P, Greenhalgh T, Heneghan C, Liberati A, et al. OCEBM Levels of Evidence - Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM); University of Oxford: Oxford, UK, 2011 (Consultado 01/05/2023). Disponible en: <https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/ocbm-levels-of-evidence>.
- Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, et al. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Oxford: *Cochrane Database Syst Rev*; 2019.
- Krawczyk RS, Vinther A, Petersen NC, Faber J, Iversen HK, Christensen T, et al. Effect of home-based high-intensity interval training in patients with lacunar stroke: a randomized controlled trial. *Front Neurol*. 2019;10:664.
- Hornby TG, Holleran CL, Hennessy PW, Leddy AL, Connolly M, Camardo J, et al. Variable intensive early walking poststroke (VIEWS). *Neurorehabil Neural Repair*. 2016;30:440-50.
- Sandberg K, Kleist M, Falk L, Enthoven P. Effects of twice-weekly intense aerobic exercise in early subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97:1244-53.
- Wijkman MO, Sandberg K, Kleist M, Falk L, Enthoven P. The exaggerated blood pressure response to exercise in the sub-acute phase after stroke is not affected by aerobic exercise. *J Clin Hypertens*. 2018;20:56-64.
- Leddy AL, Connolly M, Holleran CL, Hennessy PW, Woodward J, Arena RA, et al. Alterations in aerobic exercise performance and gait economy following high-intensity dynamic stepping training in persons with subacute stroke. *J Neurol Phys Ther*. 2016;40(4):239-48.
- Mahtani GB, Kinnaird CR, Connolly M, Holleran CL, Hennessy PW, Woodward J, et al. Altered sagittal-and frontal-plane kinematics following high-intensity stepping training versus conventional interventions in subacute stroke. *Phys Ther*. 2017;97:320-329.
- Hornby TG, Rafferty MR, Pinto D, French D, Jordan N. Cost-effectiveness of high-intensity training vs conventional therapy for individuals with subacute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2022;103:197-204.
- Holleran CL, Straube DD, Kinnaird CR, Leddy AL, Hornby TG. Feasibility and potential efficacy of high intensity stepping training in variable contexts in subacute and chronic stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2014;28:643-51.
- Rundek T, Sacco RL. Risk Factor Management to prevent first stroke. *Neurol Clin*. 2008;26:1007-45.
- Pang MYC, Charlesworth SA, Lau RWK, Chung RCK. Using aerobic exercise to improve health outcomes and quality of life in stroke: evidence-based exercise prescription recommendations. *Cerebrovasc Dis*. 2013;35:7-22.
- Fahey M, Brazg G, Henderson CE, Plawewski A, Lucas E, Reisman DS, et al. The value of high intensity locomotor training applied to patients with acute-onset neurologic injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2022;103:178-88.



# Detección temprana de aumento de presión arterial y su relación con la dermatoglifia dactilar en futbolistas jóvenes de la ciudad de Bogotá

Laura E. Castro Jiménez<sup>1</sup>, Wilson D. Gutiérrez Pérez<sup>2</sup>, Diego A. Becerra Pedraza<sup>2</sup>, Camila A. Ortiz Corchuelo<sup>2</sup>, Cristian D. Yagama Parra<sup>2</sup>, Yenny P. Arguello Gutiérrez<sup>2</sup>, Isabel A. Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia. <sup>2</sup>Universidad Santo Tomás. Bogotá. Colombia.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00152

**Recibido:** 30/09/2022  
**Aceptado:** 28/07/2023

## Resumen

La presión arterial como variable hemodinámica, se constituye en un elemento diagnóstico útil y clave para la detección de la hipertensión arterial (HTA), ya que mediante esta variable se logra reconocer el funcionamiento cardiovascular óptimo. Determinar factores predisponentes a desarrollar la enfermedad es de gran importancia para la salud pública y en ese sentido la dermatoglifia se convierte en una alternativa que permite mediante el reconocimiento de marcadores genéticos la identificación precoz de esta patología. Por ello el objetivo de este trabajo es identificar la relación entre la dermatoglifia dactilar y el aumento de tensión arterial en futbolistas de Bogotá. Para el estudio se incluyeron deportistas hombres entre 18 a 26 años, quienes se dividieron en dos grupos, controles y casos, según su cifra de tensión arterial, la definición de caso corresponde a cifras tensionales altas (120-129 y <80 mmHg). Mientras que la definición de control vinculó aquellos participantes que presentaron cifras tensionales normales (<120 y <80 mmHg). Se realizó un cuestionario en el cual se registraron los datos de presión arterial, peso, talla, antecedentes familiares y personales, adicionalmente, se realizó la toma de huellas del protocolo de Cummins y Midlo (1942). Como resultados se encontró que el grupo de futbolistas con tensión arterial alta (TAA) se identificó un mayor recuento de verticilos en mano izquierda  $1,54 \pm 1,50$  con relación al grupo normotensos  $1,49 \pm 1,47$ . Se encontró en el grupo de TAA la aparición de verticilos cuando se tienen antecedentes familiares cardiovasculares con un OR 3,9 ( $p < 0,000$ ). Por lo tanto, se concluye que existen patrones dermatoglíficos dactilares asociados a la predisposición del aumento de la tensión arterial.

**Palabras clave:**  
Dermatoglifia. Presión arterial.  
Fútbol.

## Early detection of high blood pressure in university football players and its relation to fingerprints dermatoglyphics in Bogota city

### Summary

Blood pressure as a hemodynamic variable is a useful and key diagnostic element for the detection of arterial hypertension (HTA), since through this variable it is possible to recognize optimal cardiovascular functioning in addition to quickly identifying the risk of suffering from this disease, which unfortunately is identified late, since in most cases the patients do not show symptoms. Determining predisposing factors to develop the disease is of great importance for public health and in this sense dermatoglyphics becomes an alternative that allows, through the recognition of genetic markers, the early identification of this pathology. Therefore, the objective of this work is to identify the relationship between fingerprint dermatoglyphics and increased blood pressure in athletes. Male university athletes between 18 and 26 years old were included for the study. Those who were divided into two groups, controls and cases, according to their blood pressure figure, the case definition corresponds to high blood pressure figures (120-129 and <80 mmHg). While the definition of control linked those participants who presented normal blood pressure values (<120 and <80 mmHg). A questionnaire was carried out in which the data of blood pressure, weight, height, family and personal history were recorded, additionally, the fingerprinting of the Cummins and Midlo (1942) protocol was carried out. As a result, it was found that in the group of football players with high blood pressure (TAA), a greater count of whorls in the left hand was identified  $1.54 \pm 1.50$  in relation to the normotensive group  $1.49 \pm 1.47$ . The appearance of whorls was found in the TAA group when they had a family history of cardiovascular disease with an OR 3.9 ( $P < 0.000$ ). Therefore, it is concluded that there are fingerprint dermatoglyphic patterns associated with the predisposition to increased blood pressure.

**Key words:**  
Dermatoglyphics. Arterial Pressure.  
Football.

**Correspondencia:** Laura E. Castro Jiménez  
E-mail: lecastroj@upn.edu.co

## Introducción

La dermatoglia ha sido considerada como una herramienta útil cuya fundamentación se basa en el uso e identificación de patrones dactilares; dichos usos inicialmente fueron enfocados en el análisis y detección de aspectos relacionados con la condición física de los sujetos además de comprender procesos asociados con la embriogénesis e implicaciones genéticas que a futuro podrían comprometer la condición de salud; cabe resaltar que la configuración de estos patrones son únicos y perduran durante el proceso de vida de todo ser humano, razón por la cual cada patrón dermatoglífico brinda información relacionada con el desarrollo embrionario, la condición de salud y condiciones evolutivas de cada sujeto, mostrando una alta capacidad para identificar enfermedades crónicas como la diabetes, el cáncer y la hipertensión<sup>1-3</sup>.

En cuanto a la hipertensión, es claro que esta entidad patológica es una enfermedad de componente multifactorial y en gran proporción de tipo silente. Ahora bien, tomando como referencia la revisión sistemática de Wijerathne *et al.*<sup>4</sup>, la hipertensión es una de las patologías que ha contribuido a la carga de recursos públicos en salud por el desarrollo concomitante de eventos cardiovasculares, cerebrovasculares entre otros. En Colombia, la prevalencia de la hipertensión arterial es variable en dependencia de la región del país que se analice, no obstante, es preocupante que, de acuerdo con García *et al.*<sup>5</sup>, el 59,6% de la población no ha tenido un diagnóstico asertivo y precoz.

En este sentido, el reconocimiento temprano de los factores predisponentes es un imperativo para las acciones en salud pública que busquen prevenir el riesgo existente<sup>6</sup>. La herencia genética a través de las huellas dactilares se manifiesta en el entorno intrauterino de la madre durante el tercer y sexto mes de embarazo<sup>6,7</sup>, dichos marcadores genéticos contienen información sobre la predisposición de los individuos tanto a nivel físico (somatotipo) como fisiológico. El estudio de las huellas ha sido considerado actualmente como una prueba válida y confiable considerando que son únicas e inmutables en cada uno de los seres humanos<sup>8-10</sup>.

Si bien es cierto, estudios como el presentado por Kulkarni *et al.*<sup>11</sup>, el cual vinculó 200 sujetos y de forma aleatorizada fueron distribuidos en grupos caso y grupo control, logró identificar diferencias en la presentación de patrones dermatoglíficos siendo evidentes los cambios en el tamaño de los verticilos y las presillas cubitales; estos cambios también fueron evidentes en el estudio de Tafazoli *et al.*<sup>12</sup>, en donde no solo se identificaron cambios en el tamaño de los verticilos sino que también se evidenció un incremento en la frecuencia de estos para el grupo de hipertensos.

Igualmente, en diferentes estudios que comparaban los patrones dermatoglíficos entre una población hipertensa y una población normotensa se encontró que las personas que padecen de HTA presentan comúnmente presillas radiales mientras que los normotensos presentan en su mayoría presillas cubitales. A su vez, el ángulo de la palma en los individuos hipertensos tiende a ser mayor en comparación con los normotensos. También se puede decir que los verticilos es el patrón dermatoglífico más frecuente en personas que padecen hipertensión arterial<sup>12-14</sup>.

Simultáneamente, se observó una gran diferencia en el número de líneas y las presillas cubitales entre los sujetos con hipertensión y el grupo sano. En adición, hay una diferencia estadísticamente significativa en el patrón de presilla cubital en el quinto dedo de la mano izquierda, y cuarto y quinto de la mano derecha; este patrón se presentó de manera frecuente en el grupo de los hipertensos<sup>9</sup>.

Otros hallazgos han logrado demostrar la posible relación entre ciertos patrones dactilares y la presencia de hipertensión arterial (HTA), esto mediante el análisis cuantitativo de la frecuencia y tipo de diseños con los que cuenta un individuo para discriminar aquellas personas que podrían haber heredado HTA. Diversos estudios, se enfocan en el análisis de las crestas papilares dérmicas de las palmas y las plantas, no obstante, para este estudio se tomarán como base las falanges distales de las manos las cuales tienen una relación estrecha entre las capacidades biofísicas potenciales, así como una predisposición al desarrollo de ciertas enfermedades<sup>13-15</sup>.

Algunos acercamientos fisiológicos que permiten comprender la relación de estos cambios dermatoglíficos con la presencia de hipertensión arterial estarían asociados a procesos biológicos derivados de inestabilidad embrionaria durante el embarazo, además de afectaciones en la nutrición y estrés materno. Por otra parte, resulta relevante que algunos estudios han involucrado el componente genético en la determinación de las huellas dactilares y el endotelio vascular; si bien es cierto, los genes responsables del desarrollo de las diversas capas de la piel y los vasos sanguíneos pueden ser claves para la conformación de los patrones dermatoglíficos; parte de las investigaciones han ubicado al gen SMARCA1 como uno de los responsables en la formación de los dermatoglifos, sin embargo, no es claro su papel en todo el contexto endotelial vascular por lo que se continúan las investigaciones al respecto; ciertamente, no se puede desconocer que la forma estos patrones dactilares y la base genética de un sujeto se verían influenciados de manera directa por otros factores durante el desarrollo fetal, como infecciones, consumo de sustancias psicoactivas entre otros elementos alteren el entorno uterino de la madre<sup>16,17</sup>.

En concordancia con lo expuesto anteriormente, se plantea como objetivo de la presente investigación, identificar a partir de la dermatoglia la presencia de rasgos dactilares concordantes con investigaciones previamente planteadas, que permitan el reconocimiento de la presencia de hipertensión arterial en futbolistas jóvenes.

## Material y método

### Diseño de estudio

Estudio analítico de casos y controles.

### Participantes

Se incluyeron 86 futbolistas hombres entre 18 a 26 años; quienes entrenaban más de tres veces a la semana, el mínimo de permanencia en el equipo para los jugadores fue de seis meses, adicionalmente debieron participar en competencias propias de su categoría (fútbol profesional de segunda división). La definición de caso fue futbolistas

que tuvieran cifras tensionales altas (120-129 y <80 mmHg), de acuerdo con lo definido por el *American Heart Association* sobre tensión arterial alta<sup>18</sup>. La definición de control fue aquellos que tuvieron cifras tensionales normales (<120 y <80 mmHg) de acuerdo con lo definido por el *American Heart Association* sobre normotensos<sup>18</sup>. Como criterios de exclusión, no se consideraron los participantes que presentaran diagnóstico de hipotiroidismo, HTA, quemaduras en mano, malformaciones congénitas en manos, amputación parcial o total de mano.

### Instrumentos de recolección de datos

Se realizó un cuestionario para variables continuas donde se registraron los datos de presión arterial, peso, talla y los antecedentes familiares y personales (mórbidos, traumáticos, quirúrgicos, farmacológicos, neonatales) se diligenciaron en un formato abierto para tal fin. Es importante aclarar, que se registró los antecedentes familiares para reconocer si existía antecedentes de hipertensión en su línea familiar. La toma de la tensión arterial oscilométrica se realizó con tensiómetro digital Ri-champion N (Riester, Jungingen, Germany), el participante debía estar sentado y relajado por un tiempo aproximado de 5 minutos, con los pies apoyados en el piso y la espalda recargada en el espaldar, el brazo estaba apoyado en una superficie fija, se tomó dos veces y se usó el promedio obtenido entre las dos lecturas para registrar la presión arterial en los individuos (escritorio-mesa), no permitía que el usuario realice contracción isométrica ya que esto afecta los valores reales. Las tomas se realizaron un solo día entre 7:00 a 8:00 a.m. La toma de talla se realizó con el tallímetro Holtain® (0-209 cm; precisión de 0,1 cm) y peso con báscula Tanita®. Por último, la toma de las huellas se hizo con el protocolo de Cummins y Midlo<sup>19</sup>, se toman las huellas de los 10 dedos de cada sujeto evaluado en un lector biométrico Futronic FS-50 tipo scanner de huellas, por en el que se tenían en cuenta las siguientes variables: a) patrones de los dedos de cada mano (arcos, presillas, verticilos); b) recuento total de crestas de los dedos (SCTL); c) diseño de los tipos de huellas. Posteriormente, se hizo una reclasificación teniendo en cuenta la media de las figuras Arcos, Presillas y Verticilos, así como la sumatoria de crestas. Con los datos recolectados en dermatoglia se re-categorizaron en variables nominales Sí y No, de esta manera, todos aquellos valores que estuvieron por encima de la media se re-clasificaron en la categoría de Sí y los que estaban por debajo de la media en la categoría No. Todo esto con el fin de realizar los OR correspondientes.

La información fue registrada en un documento Excel, así como los datos de cada usuario, los cuales fueron codificados por confidencialidad de la información. Posteriormente se dividieron los datos en casos y controles, encontrando 35 casos y 51 controles.

### Análisis de resultados

Se utilizó el programa estadístico IBM SPSS versión 25. A los datos dermatoglíficos cuantitativos de casos y controles, se les describió las medias y la desviación estándar. Posteriormente se aplicó una prueba de chi cuadrado para determinar si existía diferencias estadísticamente

significativas para la variable dermatoglíficas. Se determinaron la prevalencia de exposición (población, casos y controles) y razón de momios (OR).

### Comité de ética

La investigación se desarrolló de acuerdo con la declaración de Helsinki<sup>20</sup>, la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud colombiano. Adicionalmente, el proyecto de investigación fue aprobado por el Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica de la investigación de la Universidad Santo Tomás el 27 de junio de 2019 en el acta N° 10.

### Resultados

En la investigación participaron un total de 86 personas, con una media de edad de  $19 \pm 2,82$  años. La media de estatura de la muestra fue de  $1,74 \pm 0,07$  metros y la de peso fue de  $66,5 \pm 9,97$  kg. Todos los participantes realizaban actividades deportivas por lo menos 3 veces a la semana. Después de realizar la división según la cifra de tensión arterial el grupo de presión arterial alta (TAA) se conformó por 35 personas y el de normotensos de 51 personas (Tabla 1).

Se encontró que las presillas radiales y arcos, son las variables con menor media que presentan ambos grupos de estudio (Tabla 1). El promedio de arcos en ambas manos es ligeramente mayor en el grupo de TAA, sin embargo, no hay diferencia significativa. Respecto a las presillas cubitales de la mano derecha, tienen un promedio menor en el grupo de futbolistas con tensión arterial alta en comparación al grupo de normotensos.

Por otro lado, no se encontró una diferencia importante en las presillas radiales de ambas manos y presillas cubitales de la mano

**Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la caracterización dermatoglífica de la muestra según grupo.**

Variables	Futbolistas con TAA		Futbolistas normotensos	
	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.
Arcos MD	0,17	±0,45	0,10	±0,36
Arcos MI	0,29	±0,83	0,18	±0,48
Presillas radiales MD	0,20	±0,41	0,20	±0,45
Presillas radiales MI	0,14	±0,36	0,27	±0,49
Presillas cubitales MD	2,60	±1,46	2,94	±1,36
Presillas cubitales MI	2,97	±1,40	3,10	±1,27
Verticilos MD	2,07	±1,63	1,75	±1,43
Verticilos MI	1,54	±1,50	1,49	±1,47
SCTL MD	94,34	±40,02	94,98	±42,27
SCTL MI	90,86	±41,89	90,82	±43,89
SCTL sumatoria	185,20	±79,96	185,80	±84,88
D10	13,11	±3,55	12,98	±3,13

TAA: tensión arterial alta; MD: mano derecha; MI: mano izquierda; SCTL: sumatoria total de la cantidad de líneas; D10: índice de deltas en los diseños.

izquierda. Se encontró un promedio de verticilos en la mano derecha, ligeramente mayor en el grupo de TAA y un promedio menor en el SCTL de la mano derecha en los futbolistas con TAA. Finalmente, en las variables de SCTL MI y D10 no se encontró una diferencia significativa.

Entre los datos recolectados en la población se establecieron los antecedentes familiares como parámetro para reconocer alguna disposición genética para tener presión arterial alta encontrando que, entre los grupos de normotensos y de presión arterial alta no había ninguna relación estadística significativa. Pero al relacionar los antecedentes con lo encontrado en las huellas se evidencia en la Tabla 2 una relación entre antecedentes de hipertensión y presencia de verticilos en mano izquierda. Adicionalmente, se encontró relación entre la sumatoria de crestas total y sumatoria de crestas en mano izquierda con antecedentes familiares de hipertensión.

## Discusión

El objetivo de este estudio fue encontrar patrones que permitieran identificar por medio de la dermatoglifía dactilar el aumento de la presión arterial en futbolistas jóvenes de la ciudad de Bogotá. Entre los hallazgos se pueden destacar inicialmente un mayor recuento de verticilos en mano izquierda y mano derecha para el grupo que

presento tensión arterial alta, estos resultados concuerdan con los de Kulkarni et al.<sup>11</sup>, quienes afirmaron que los pacientes hipertensos tienden a presentar una frecuencia elevada de patrones de verticilos que va de la mano con tener un recuento de crestas promedio más alto que los controles<sup>15</sup>.

En la misma línea, Ganesh et al.<sup>21,22</sup>, en un estudio realizado con 200 personas que padecían de hipertensión arterial y un grupo de 200 personas con niveles de tensión normales afirmó que la muestra de personas hipertensas arrojó una frecuencia significativa en el número de verticilos en los diez dedos de la mano, así mismo una disminución de presillas cubitales y el ángulo "ATD".

También se logró identificar un mayor recuento de arcos en mano izquierda en el grupo de tensión arterial alta similar al resultado en un estudio realizado por Igbigi et al.<sup>23</sup>, donde se evaluaron 99 personas dentro de los 25 a los 66 años. La muestra del estudio estaba dividida en tres grupos (27 pacientes con diabetes tipo 2, 21 pacientes con hipertensión y 51 pacientes con diabetes e hipertensión) dicho estudio buscaba la variabilidad de los patrones dactilares y plantares. Las diferencias exhibidas de los patrones dactilares arrojaron que, en el primer dedo, los pacientes diabéticos no tenían arcos, pero las mujeres hipertensas sí mostraban arcos.

En SCTL el resultado fue ligeramente mayor en el grupo de tensión arterial alta, al igual que en el estudio de Tafazoli et al.<sup>12</sup>, en el cual se analizaron los dermatoglifos de los individuos que padecen de hipertensión arterial y reportaron que en comparación a un grupo normotenso el número de crestas es mayor en la población hipertensa. Cabe resaltar que la frecuencia de verticilos y arcos en los diez dedos de las manos es mayor en comparación con un grupo de personas normotensas. Así mismo, en la investigación realizada por Arista et al.<sup>24</sup>, concluyó que el número total de crestas es mayor en la población hipertensa en comparación con las personas normotensas.

En el estudio de Nodari et al.<sup>9</sup>, en el que participaron 268 adultos, 134 individuos fueron diagnosticados con hipertensión encontrando una diferencia significativa en los diez dedos de la mano. Adicionalmente, se identificó que los patrones dactilares como las presillas cubitales de la mano izquierda dedo cinco y mano derecha dedo cuatro y cinco son más frecuentes en los individuos que padecen hipertensión arterial.

De la misma manera se logró evidenciar que el quinto dedo de la mano izquierda, el quinto dedo de la mano derecha y el cuarto dedo de la misma, contienen un patrón de presilla cubital más frecuente en aquellos sujetos que forman parte del grupo de hipertensos, contrario a lo arrojado en el presente estudio, en donde a pesar de haber encontrado un promedio menor de presillas cubitales en la mano derecha y en la mano izquierda no se encontró una diferencia estadísticamente significativa que permita tener un indicador.

En el artículo de Rudragouda et al.<sup>25</sup>, en el que se recolectaron los datos de los patrones dactilares de un grupo control y un grupo con hipertensión se identificó que tanto la mano derecha y la mano izquierda del grupo con hipertensión se presentaron más arcos que el grupo control. Así mismo el grupo de estudio, mostró mayor número de presillas radiales en ambas manos que el grupo control. Sin embargo, las presillas cubitales se presentaron en mayor número en el grupo control, tanto en mano izquierda como derecha. Estos

**Tabla 2. Razón de momios según patrones dermatoglíficos, grupos y antecedentes familiares de hipertensión.**

<b>Verticilos mano izquierda (WMI)</b>				
		<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>Valor p</b>
No		3,0	-3,0	
Sí	OR	-3,0	3,0	0,002
<b>Verticilos mano izquierda con antecedentes de hipertensión (WMIHTA)</b>				
		<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>Valor p</b>
No		3,9	-3,9	
Sí	OR	-3,9	3,9	0,000
<b>Dibujos en dedo auricular con antecedentes de hipertensión (DMIHTA)</b>				
		<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>Valor p</b>
No		2,6	-2,6	
Sí	OR	-2,6	2,6	0,008
<b>Sumatoria de crestas total con antecedentes de hipertensión (STMIHTA)</b>				
		<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>Valor p</b>
No		2,1	-2,1	
Sí	OR	-2,1	2,1	0,032
<b>Sumatoria de crestas mano izquierda con antecedentes de hipertensión (SMIHTA)</b>				
		<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>Valor p</b>
No		2,1	-2,1	
Sí	OR	-2,1	2,1	0,032

Elaboración propia.



resultados concuerdan con lo obtenidos en esta investigación, dado que el grupo futbolistas de tensión arterial alta, mostraron un mayor recuento de arcos y de presillas cubitales en ambas manos que el grupo de futbolistas normotensos.

Finalmente, a partir de la razón de momios se logró identificar que en los individuos con antecedentes familiares existe una relación con la presencia de verticilos en mano izquierda. De igual forma existe una relación entre la sumatoria de crestas total y sumatoria de crestas en mano izquierda con antecedentes familiares de hipertensión. Dichos resultados no se encuentran actualmente en investigaciones debido a que no se han realizado tomando como indicador los antecedentes familiares. Los OR podrían ser utilizados como variable de interés para futuros estudios.

Como limitantes a recalcar en el desarrollo de la presente investigación se encuentra la falta de información e investigaciones enfocadas en la dermatoglia dactilar específicamente en Colombia. Como sugerencias para futuras investigaciones la toma de datos debería realizarse con un número de participantes mayor a los de esta investigación, esto con el fin de obtener una mayor confiabilidad y validez de resultados.

## Conclusiones

Se concluye entonces que la dermatoglia se presenta como una prometedora forma de tamizaje al reconocer factor de riesgo relacionados con la presencia de presión arterial alta en asociación con los antecedentes familiares de los sujetos, dado el carácter multifactorial de esta enfermedad. Así, la dermatoglia podría ser usada como herramienta de detección temprana debido al perfil característico que presentan las personas y deportistas en torno al aumento de la presión arterial y el posible desarrollo de hipertensión arterial.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

## Bibliografía

1. Kasey W. Embryology, physiology, and morphology. In: *Fingerpr Sourceb*. Washington, DC: United States department of justice national institute of justice; 2011.
2. Warman PH, Ennos A.R. Fingerprints are unlikely to increase the friction of primate fingerpads. *J Exp Biol*. 2009;212:2016-22.
3. Goud EVSS, Verma F, Kulkarni MD, Gupta S, Choudhury BK, Rajguru JP. Reliability of cheiloscopy and dermatoglyphics in hypertension and diabetes. A comparative study. *Ann Afr Med*. 2022;21:77-81.

4. Wijerathne BT, Meier RJ, Agampodi TC, Agampodi SB. Dermatoglyphics in hypertension: a review. *J Physiol Anthro*. 2015;34.
5. García-Peña Ángel A, Ospina D, Rico J, Fernández-Ávila DG, Muñoz-Velandia Ó, Suárez-Obando F. Prevalencia de hipertensión arterial en Colombia según información del Sistema integral de información de la protección social (SISPRO). *Rev Colomb Cardiol*. 2022;29:29-35.
6. Chimne H, Ksheersagar D. Dermatoclyphic patterns in angiographically proven coronary artery disease. *J Anat Soc India*. 2012;2:262-8.
7. Aljoe R, Fernández D, Gastélum G. La dermatoglia deportiva en américa en la última década: una revisión sistemática. *Retos*. 2020;38:831-7
8. Mulvihill J, Smith D. The genesis of dermatoglyphics. *J Of Pediatric*. 1969;4:579-89.
9. Nodari R, Sartori G, Fin G. Dermatoglyphic characteristics of hypertensives. *Acta Médica*. 2016;32:10-5.
10. Patil V, Ingle D. An association between fingerprint patterns with blood group and lifestyle based diseases: a review. *Artificial intelligence review*. 2021;3:1803-39.
11. Kulkarni SKG, Avinash SS. Dermatoglyphics in primary hypertensive patients. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2014;1.
12. Tafazoli M, Dezfooli SR, Shahri NM, Shahri HM. The study of dermatoglyphic patterns and distribution of the minutiae in inherited essential hypertension disease. *Curr Res J Biol Sci*. 2013;5(6):252-61.
13. Kacchave S, Solanke P, Mahajan A, Rao S. Dermatoglyphics in the essential hypertension in marathwada region. *Indian J Public Heal Res Dev*. 2013;2:194-8.
14. Dhanraj H, Ksheersagar D. Dermatoglyphic patterns in angiographically proven coronary artery disease. *J Anat Soc India*. 2012;2:262-8.
15. Chakravarthy G, Shirali A, Nithyananda K, Ramapuram J, Madi D, Singh R. A "handy" tool for hypertension prediction: dermatoglyphics. *Indian Heart J*. 2018;3:116-9.
16. Nousbeck J, Burger B, Fuchs-Telem D, Pavlovsky M, Fenig S, Sarig O, et al. A mutation in a skin-specific isoform of SMARCD1 causes autosomal-dominant adermatoglyphia. *Am J Hum Genet*. 2011;89:302-7.
17. Sudha PI, Singh J, Sodhi GS. The dermal ridges as the infallible signature of skin: an overview. *Indian J Dermatol*. 2021;66:649-53.
18. Gijón-Conde T, Gorostidi M, Camafort M, Abad-Cardiel M, Martín-Rioboo E, Morales-Olivas F, et al. Documento de la Sociedad Española de Hipertensión-Liga Española para la Lucha contra la Hipertensión Arterial (SEH-LELHA) sobre las guías ACC/AHA 2017 de hipertensión arterial. *Hipertensión y riesgo vascular*. 2018;35:119-29.
19. Cummins H. Midlo C. *Finger prints, palms and soles: an introduction to dermatoglyphics*. New York: Dover Publications. 1961;319.
20. Manzini JL. Declaración de Helsinki: principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta bioethica*. 2000; 6;2:321-34.
21. Ganesh K, Avinash S, Sreekantha, Remya, Vinodchandran. Dermatoglyphics in primary hypertensive patients. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2014;1:1.
22. Ganesh C, Arun S, Nithyananda, Ramapuram J, Deepak M, Ravi C. A "handy tool for hypertension prediction: dermatoglyphics". *Indian Heart J*. 2018;3:116-9.
23. Igbigbi P, Msamati B, Ngambi T. Plantar and digital dermatoglyphic patterns in malawian patients with diabetes, hypertension and diabetes with hypertension. *Int J Diabetes & Metabolism*. 2001;9:24-31.
24. Arista L, Soumyajyoti B, Shouvanik A, Somanjana G, Subarna G, Partha B. A study on relationship between dermatoglyphics and hypertension. *IOSR J Dental & Medical Sciences*. 2013;6:62-5.
25. Rudragouda S, Purnima J, Gavishiddppa A, Balappa M, Patil B, Nagaraj S, et al. Study of palmar dermatoglyphics in patients with essential hypertension between the age group of 20-50 years. *Int J Med Res Health Sci*. 2013;4:773-9.

# Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica

Francisco Javier Calderón Montero

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. INEF. Universidad Politécnica de Madrid.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00153

Recibido: 01/10/2023

Aceptado: 16/01/2024

## Resumen

A pesar de ser únicamente unos parámetros de la información que aportan los softwares de los aparatos automatizados, los equivalentes respiratorios para los dos gases son de gran importancia en la valoración de la respuesta al ejercicio en personas sanas y enfermas. Este trabajo de revisión analiza la evolución de estos parámetros tanto en personas sanas como enfermas con patologías del sistema cardiovascular y respiratorio. Su considerable significación fisiológica radica en las propias fórmulas que expresan estos índices de función respiratoria. Pero, si se realizan las oportunas modificaciones de los cocientes  $\dot{V}_E / \dot{V}O_2$  y  $\dot{V}_E / \dot{V}CO_2$  La forma de expresar los equivalentes respiratorios para los gases según las ecuaciones 3 y 5 aporta una mejor significado fisiológico, pues vienen determinados por las  $F_{E}O_2$  y  $F_{E}CO_2$ , de manera que una modificación de estas variables informan de una modificación de la relación  $\dot{V}_D / \dot{V}_E$  y por consiguiente, de forma indirecta, de la relación  $\dot{V}_A / \dot{Q}$ . En las personas sanas la respuesta de los equivalentes en las tres fases clásicas descritas indica un reajuste de la relación  $\dot{V}_A / \dot{Q}$  (fases I y II) y un desajuste "potencial" (fase III). Por el contrario, en los enfermos con alguna patología cardíaca o pulmonar, las fracciones de las  $F_{E}O_2$  y  $F_{E}CO_2$  muestran claramente una alteración de la relación  $\dot{V}_A / \dot{Q}$  desde el comienzo del ejercicio, naturalmente según el grado de deterioro. Concretamente, ha sido la modificación de la pendiente de la relación  $\frac{\dot{V}_E}{\dot{V}CO_2} / intensidad$  un criterio admitido por la cardiología como predictor de la morbilidad y mortalidad en cardiopatías con alteración de la función ventricular.

## Palabras clave:

Equivalentes respiratorios para los gases.  
Relación ventilación/perfusión.  
Sujetos sanos. Cardiopatías.  
Neumopatías.

## Analysis of respiratory equivalent response for gases. Physiological significance

### Summary

Although the respiratory equivalents for the two gases are parameters provided by the software of automated devices, are of great importance in the assessment of the response to exercise in healthy and sick people. This review work analyses the evolution of these parameters in both healthy people and patients with pathologies of the cardiovascular and respiratory systems. Their considerable physiological significance lies in the formulas that express these indices of respiratory function. However, if appropriate modifications are made to the ratios  $\dot{V}_E / \dot{V}O_2$  and  $\dot{V}_E / \dot{V}CO_2$  allows a better physiological significance, since they are determined by  $F_{E}O_2$  and  $F_{E}CO_2$ , so that a modification of these variables informs about the ratio  $\dot{V}_D / \dot{V}_E$  thus, indirectly, of the ratio  $\dot{V}_A / \dot{Q}$ . In healthy people, the response of the equivalents in the three classic phases described indicates a readjustment of the  $\dot{V}_A / \dot{Q}$  ratio (phases I and II) and a "potential" mismatch (phase III). On the other hand, in patients with cardiac or pulmonary pathology, the  $F_{E}O_2$  and  $F_{E}CO_2$  fractions clearly show an alteration of the  $\dot{V}_A / \dot{Q}$  ratio from the start of exercise, depending, of course, on the degree of impairment. Specifically, the change in the slope of the  $\frac{\dot{V}_E}{\dot{V}CO_2} / intensidad$  ratio has been a criterion accepted by cardiologists as a predictor of morbidity and mortality in cardiac patients with impaired ventricular function.

## Key words:

Respiratory gas equivalents.  
Ventilation/perfusion ratio.  
Healthy subjects. Heart disease.  
Pneumopathies.

Correspondencia: Francisco Javier Calderón Montero

E-mail: fraciscojavier.calderon@upm.es

## Introducción

Entre los numerosos parámetros que aportan los softwares de los aparatos moderno-automatizados<sup>1</sup>, los equivalentes respiratorios para los gases ( $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$  y  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ ) son muy utilizados en la valoración de las pruebas de esfuerzo, tanto en personas sanas como enfermas.

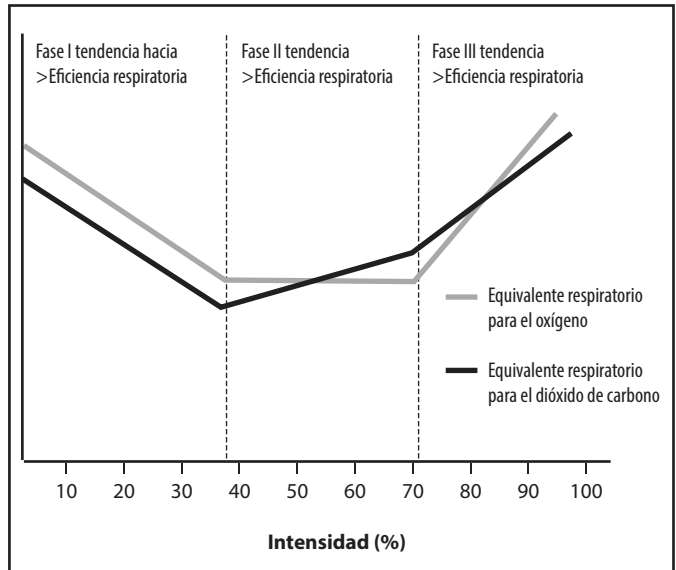
En el campo de la fisiología, durante muchos años, los fisiólogos han abordado la intensidad crítica a partir de la cual se produce la acumulación de ácido láctico<sup>2,3</sup>. Diversos métodos incruentos, basados en la medida continua de los gases respiratorios se han empleado para determinar la "intensidad crítica". Uno de estos métodos es el comportamiento de los  $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$  y  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$  a esfuerzos de intensidad creciente<sup>4</sup>.

Dado que los equivalentes respiratorios para los gases son una medida indirecta de eficiencia del aparato respiratorio (véase significación fisiológica), Klebert *et al.*<sup>5</sup>, Guazzi *et al.*<sup>6,7</sup> y Shafiq A<sup>8</sup> han propuesto que la pendiente del  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$  es un importante predictor de la morbilidad y mortalidad en pacientes con insuficiencia cardiaca. Concretamente, el aumento pronunciado de la pendiente de la relación  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$  / intensidad del ejercicio es un valor pronóstico en pacientes con insuficiencia cardiaca con independencia del valor de fracción<sup>6-8</sup>. Por otra parte, Dumitrescu D *et al.*<sup>9</sup> han demostrado en enfermos con vasculopatía pulmonar, que los cambios de respuesta de la PETCO<sub>2</sub> y  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$  y otros parámetros de intercambio respiratorio pueden permitir establecer diferencias con otras alteraciones del intercambio respiratorio durante el ejercicio.

En principio, el significado fisiológico de  $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$  y  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$  es muy sencillo. Al ser cocientes adimensionales, representan una medida de eficiencia, pues indican la cantidad de aire que moviliza el aparato respiratorio en un minuto ( $\dot{V}_E$ ) para consumir un litro de oxígeno ( $\dot{V}O_2$ ) o eliminar un litro de dióxido de carbono ( $\dot{V}CO_2$ ), para el  $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$  y  $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ , respectivamente. Por consiguiente, parece lógico pensar que cuanto mayor sea la  $\dot{V}_E$  menos eficiente es el aparato respiratorio respecto a los parámetros de integración fisiológica que representan el  $\dot{V}O_2$  y el  $\dot{V}CO_2$ : funciones pulmonar, cardiovascular y muscular, todos bajo el control nervioso.

Pero está claro que la consideración "aritmética" de los equivalentes como parámetros de eficiencia respiratoria no es del todo precisa. Como se muestra en la Figura 1, la tendencia "de los valores numéricos" de los equivalentes es a ir ganando (fase I), mantenimiento (fase II) y pérdida de eficiencia respiratoria (fase III). Naturalmente, surge una pregunta obvia, ¿en reposo, donde los valores de los equivalentes son elevados respecto a los del final de la fase I, es caso menos eficiente el aparato respiratorio? La respuesta parece lógica: no es menos eficiente el aparato respiratorio en reposo que durante el ejercicio ligero. Por tanto, nuestro objetivo de esta revisión es aclarar, en la medida de los posible, el significado fisiológico de los equivalentes respiratorios para los dos gases y, a partir del mismo, aplicarlo a condiciones fisiológicas (salud y rendimiento) y patológicas (patologías del sistema cardiovascular y del aparato respiratorio). Como el punto de partida, el significado fisiológico, es complejo de comprender, se acudirá a modelos de función pulmonar simples, siendo conscientes de las limitaciones que ello conlleva.

**Figura 1. Representación de las funciones EqO<sub>2</sub>/intensidad y EqCO<sub>2</sub>/intensidad. Se muestran las tres fases, descritas de forma habitual, desde el punto de vista de la eficiencia respiratoria.**



## Significado fisiológico de los equivalentes respiratorios para los gases

Como la expresión aritmética de los equivalentes respiratorios no aporta la suficiente información para conocer que representan fisiológicamente, conviene expresarlos de la siguiente manera.

El consumo de oxígeno analizado en la respiración viene dado por la siguiente ecuación:

$$\dot{V}O_2 = (\dot{V}_I \cdot F_{I}O_2) - (\dot{V}_E \cdot F_{E}O_2) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde  $\dot{V}_I$  y  $\dot{V}_E$  son las ventilaciones en inspiración y espiración y  $F_{I}O_2$  y  $F_{E}O_2$  son las fracciones de oxígeno en el aire inspirado y espirado, respectivamente. A excepción de cuando el cociente respiratorio es superior a la unidad y se debe de aplicar la corrección de Zunt<sup>10</sup>, mal atribuida a Haldane, se puede considerar que  $\dot{V}_I$  y  $\dot{V}_E$  son iguales, de manera que la ecuación 1 queda simplificada:

$$\dot{V}O_2 = \dot{V}_E (F_{I}O_2 - F_{E}O_2) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Sustituyendo en la fórmula para el equivalente para el oxígeno, se obtiene la siguiente ecuación:

$$EqO_2 = \frac{\dot{V}_E}{\dot{V}_E \cdot (F_{I}O_2 - F_{E}O_2)} = \frac{1}{(F_{I}O_2 - F_{E}O_2)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

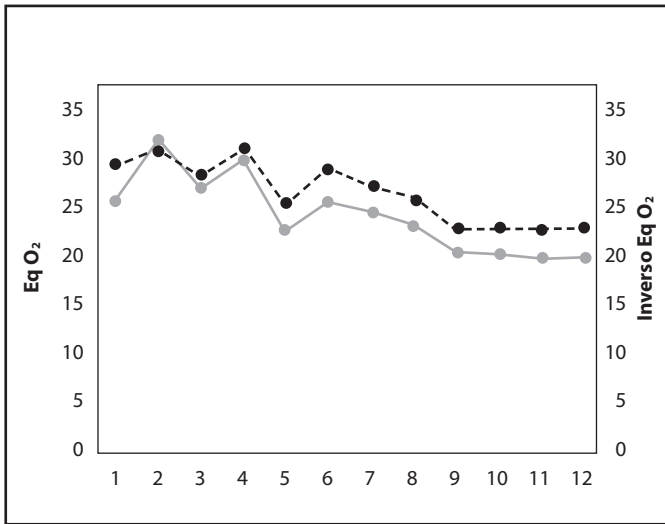
El mismo razonamiento se puede aplicar al dióxido de carbono:

$$\dot{V}CO_2 = (\dot{V}_I \cdot F_{I}CO_2) - (\dot{V}_E \cdot F_{E}CO_2) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Puesto que  $F_{I}CO_2$  es prácticamente cero el equivalente respiratorio para el dióxido de carbono es:

$$EqCO_2 = \frac{\dot{V}_E}{\dot{V}_E \cdot F_{E}CO_2} = \frac{1}{F_{E}CO_2} \quad (\text{Ecuación 5})$$

**Figura 2. Representación del equivalente respiratorio para el oxígeno en la fase I, según la expresión habitual ( $EqO_2 = \dot{V}_E / \dot{V}O_2$ ) y la correspondiente a la ecuación 3:  $EqO_2 = 1 / (F_I O_2 - F_E O_2)$ .**



Como se puede comprobar esta ecuación no añade información respecto a la forma de comportarse el  $\dot{V}_E / \dot{V}O_2$  (Figura 2), pues es exactamente la misma. Sin embargo, la información que aporta es importante para su comprensión fisiológica.

El comportamiento de las fracciones espiradas de oxígeno ( $F_E O_2$ ) y dióxido de carbono ( $F_E CO_2$ ) reflejan las variaciones de la relación entre el espacio muerto fisiológico (anatómico + alveolar) y el volumen corriente  $\dot{V}_E / \dot{V}_E^{11}$ . Cuando el aparato respiratorio pasa de un estado de reposo a ejercicio de intensidad ligera-moderada se produce un reclutamiento alveolar, de manera que la  $F_E O_2$  desciende ligeramente y la  $F_E CO_2$  se eleva. Consecuentemente el denominador de las ecuaciones 3 y 5 aumentan, de manera que los equivalentes respiratorios para los gases descienden. A esta intensidad, se produce, en efecto un aumento de la ventilación alveolar y como resultado se produce un cambio muy ligero de la presión parcial de  $CO_2$  ( $P_a CO_2$ ) alveolar respecto de los valores pre-ejercicio.

A intensidades elevadas, por encima del 60% se produce un incremento desproporcionado de la ventilación respecto a la actividad metabólica, disminuyendo la  $F_E CO_2$  y aumentando  $F_E O_2$ . Este comportamiento es fundamental para intentar regular el estado ácido-base debido a que los efectos de "acidificación" del dióxido de carbono pueden ser completamente eliminados aportando cierta compensación para la acidosis metabólica asociada al incremento de la concentración de lactato arterial y concentración proteica<sup>11</sup>. Las variaciones de la  $F_E CO_2$  y  $F_E O_2$  a elevadas intensidades son datos indirectos de la relación ventilación/perfusión  $\dot{V}_A / \dot{Q}$ , que puede desviarse hacia valores de desequilibrio superiores a la unidad, indicando un inadecuado ajuste cardiovascular respecto al respiratorio<sup>12</sup>.

En resumen, la forma de expresar los equivalentes respiratorios (ecuaciones 3 y 5) aporta una información relevante para comprender el significado fisiológico por tres razones: 1ª) no supone una modificación de la respuesta de estos parámetros, 2ª) permite centrar estos

parámetros en variables estrictamente respiratorias ( $F_E CO_2$  y  $F_E O_2$ ) y no de una variable integradora como es el consumo de oxígeno y 3ª) las  $F_E CO_2$  y  $F_E O_2$  son parámetros muy útiles para estimar la relación  $\dot{V}_D / \dot{V}_E$ , un parámetro indirecto de la relación  $\dot{V}_A / \dot{Q}$ .

## Los equivalentes respiratorios en personas sanas

Entre otros parámetros de ergoespirometría, los equivalentes respiratorios se utilizan para determinar la transición aeróbica-anaeróbica, término más preciso que el de umbral anaeróbico, pues se trata de un proceso no de un instante determinado y, además la propia confusión del término hace más difícil su comprensión fisiológica. En efecto, como señalan Chicharro y Legido<sup>13</sup> las diferentes denominaciones de los "puntos de ruptura" de los equivalentes respiratorios (Figura 1) han confundido más que explicar cuál o cuáles son las razones fisiológicas que los determinan. Aún más cuando se ha intentado llevar a la práctica del entrenamiento<sup>14</sup> las fases determinadas por las variaciones de los equivalentes. Así, por ejemplo, utilizando la terminología de Wasserman (Tabla 1), en un entrenamiento interválico intensivo, no se puede calificar la intensidad como de umbral anaeróbico. Sería un error considerable desde el punto de vista de la concepción del fenómeno de la transición aeróbica-anaeróbica.

Ha sido muy debatido la relación entre la transición aeróbica-anaeróbica y el incremento de la concentración de ácido láctico desde la descripción de Wassermann en 1986<sup>15</sup>. No es objeto de este trabajo discutir esta relación, pero es necesario resaltar que se han establecido muchas otras relaciones fisiológicas tales como cambios en la

**Tabla 1. Diferentes denominaciones para el primer incremento de la ventilación.**

Denominación	Autor
<b>Primer punto de ruptura</b>	
Punto de óptima eficiencia	Hollman, 1959
Umbral anaeróbico	Wasserman, 1964
Umbral aeróbico	Kindermann, 1979; Skinner y McLellan, 1980
Transición aeróbica individual Inicio de la acumulación de ácido láctico (OPLA en inglés)	Passenhofer, 1981 Farrell, 1979
<b>Segundo punto de ruptura</b>	
Umbral aeróbico-anaeróbico	Mader, 1976
Umbral anaeróbico	Kindermann, 1981
Umbral anaeróbico individual (IAT en inglés)	Stegman y Kindermann, 1981
Inicio de la acumulación de lactato en sangre	Sjodin y Jacobs, 1981
Umbral ventilatorio 2	Orr, 1982
Umbral anaeróbico	Skinner y McLellan, 1980

Referencias no descritas en el manuscrito. Se muestran en la referencia<sup>13</sup>.



composición de la saliva, patrón electromiográfico, concentración de catecolaminas y variación en la pendiente de la frecuencia cardiaca/intensidad<sup>16</sup>. En este sentido, Peinado *et al.*<sup>16</sup>, indican que todos los cambios producidos constituyen la señal “eferente” dirigida por el comando o generador central. Así, entendemos que la explicación de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases es la indicada anteriormente y, que de forma resumida y simple pasamos a explicar.

En la fase I, se produce un reajuste de la relación ventilación/perfusión por “reclutamiento alveolar”, de manera que los equivalentes respiratorios descienden. En la fase II, estaríamos, según el análisis elemental de los equivalentes, en el mejor acoplamiento entre el aparato respiratorio y el sistema cardiovascular. Es decir, la zona dónde, presumiblemente se obtiene mejores beneficios para la salud. Finalmente, la relación ventilación/perfusión aumenta por encima de la unidad, sugiriendo una incapacidad de ajuste del sistema cardiovascular<sup>12</sup>. En un interesante estudio, realizado en caballos pura sangre, por McDonough *et al.*<sup>17</sup>, el equivalente respiratorio para el oxígeno no aumenta durante el ejercicio de intensidad creciente. Los autores atribuyen la respuesta del  $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$  a un acoplamiento entre el patrón de movimiento (longitud de la zancada) y la regulación de la respiración (acoplamiento entre volumen corriente y frecuencia respiratoria) e indican que, cuando debe de aumentar el reclutamiento alveolar, la relación  $V_D/V_T$  sea mucho más elevada en los caballos pura sangre en comparación con los seres humanos.

En otro sentido, cabe preguntarse si las variaciones de los equivalentes respiratorios para los gases con el estado de entrenamiento se pueden justificar en razón al significado fisiológico indicado en el apartado anterior. En un artículo de revisión, Benito *et al.*<sup>18</sup>, indican que en ciclistas profesionales el porcentaje de variación entre diferentes periodos de entrenamiento era inferior al 2% y en ciclistas de menor nivel del 3 al 15%. Estas pequeñas diferencias encontradas son debidas a

que las  $F_{E}CO_2$  y  $F_{E}O_2$  no experimentan variaciones notables con el estado de entrenamiento, de manera que la PET  $CO_2$  y la PET  $O_2$  no pueden mostrar cambios ostensibles.

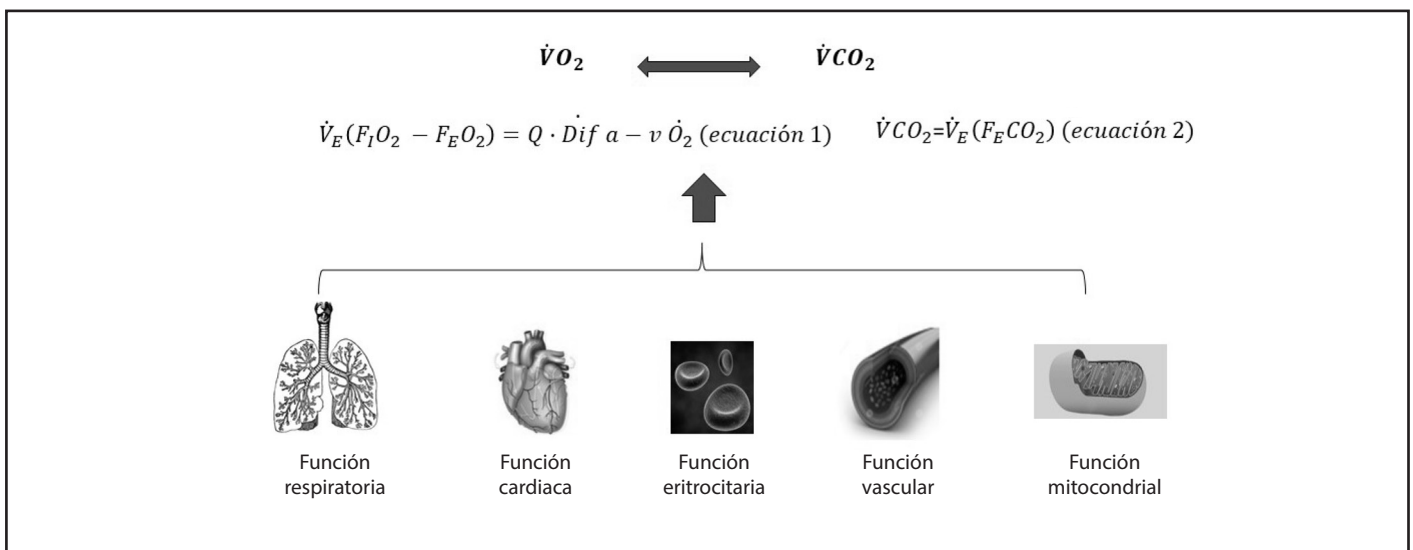
## Los equivalentes respiratorios para los gases en personas con diversas patologías

El análisis de los equivalentes respiratorios para los gases respiratorios durante el ejercicio en personas con diversas patologías es aún más complejo que en personas sanas. De todas las patologías que pueden cursar con alteraciones de la respuesta del organismo al ejercicio, valoradas mediante ergoespirometría, son las patologías del sistema cardiovascular, concretamente de la bomba cardiaca, y del aparato respiratorio las que más interés han despertado. Concretamente, si se revisa con atención los casos prácticos del libro de Wasserman and Whip<sup>19</sup>, se puede comprobar que más del 80% están dedicados a estas patologías.

Por tanto, no es objeto de este apartado hacer una descripción exhaustiva del significado fisiológico de estos dos parámetros, sino analizarlos desde una perspectiva didáctica. Pensamos que con la aparición del decreto por el que se regula la formación transversal de las especialidades en Ciencias de la Salud, el médico deportivo formado anteriormente y el que se pueda formar a partir de su desarrollo, está obligado a aportar el conocimiento adquirido en su formación a las diferentes patologías susceptibles de ser valoradas mediante ergoespirometría.

La Figura 3 muestra de forma esquemática cómo se pueden alterar los dos parámetros centrales de la ergoespirometría. Una alteración respiratoria conduce a descensos del  $\dot{V}O_2$  y  $\dot{V}CO_2$  y se puede explicar por alteraciones de la ecuación 1 ( $\dot{V}_E(F_{I}O_2 - F_{E}O_2)$ ).

**Figura 3. Esquema de los órganos, sistemas y tejidos que determinan el consumo de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono. La ecuación 1 es el resultado de igualar el consumo de oxígeno despejando éste en la ecuación de Fick y el consumo de oxígeno según el intercambio respiratorio. La eliminación de dióxido de carbono queda representada según el intercambio respiratorio (ecuación 2).**



y la ecuación  $4 \dot{V} CO_2 = (\dot{V}_I \cdot F_I CO_2) - (\dot{V}_E \cdot F_E CO_2)$ , respectivamente. Por otra parte, una alteración cardíaca conduce, igualmente, a valores inferiores de  $\dot{V} O_2$  y  $\dot{V} CO_2$  y se puede explicar por alteración del gasto cardíaco. Finalmente, una modificación de la diferencia arterio-venosa de oxígeno (*Dif a-v O<sub>2</sub>*) condiciona valores inferiores de  $\dot{V} O_2$  y  $\dot{V} CO_2$ , pero, sin embargo, es más complejo adscribir dicho término solo a una patología cardíaca o respiratoria.

## Los equivalentes respiratorios para los gases en la respuesta al ejercicio en patologías del aparato respiratorio

Aunque es corriente dividir la respuesta al ejercicio en las patologías del aparato respiratorio según el patrón espirométrico (obstrutivo o restrictivo), a continuación, se analiza de forma general<sup>20,21</sup> la contribución de los equivalentes respiratorios.

La Figura 4 muestra las diferencias de las relaciones

$$\frac{\dot{V}_E}{\dot{V} O_2} / intensidad \quad \frac{\dot{V}_E}{\dot{V} CO_2} / intensidad$$

en un enfermo con obstrucción de las vías respiratorias (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) y una persona sana. La ineficiencia respiratoria del enfermo se muestra por la incapacidad de disminuir el denominador de la ecuación 3. En otras palabras, el enfermo presenta dificultades para descender la  $F_E O_2$  y elevar  $F_E CO_2$  durante la fase I del ejercicio (Figura 1) y la pendiente de la  $\frac{\dot{V}_E}{\dot{V} CO_2} / intensidad$

es elevada. Este ejemplo coincide con los resultados de Dumitrescu D *et al.*<sup>9</sup>, quienes establecieron en enfermos con vasculopatía pulmonar como el descenso de la PET CO<sub>2</sub> con relación al descenso del  $\dot{V}_E / \dot{V} CO_2$  sugiere pérdida de vasos sanguíneos y puede representar un índice de alteración de la función ventricular izquierda, que en estos pacientes va asociada.

Por otra parte, establecer diferencias de la respuesta al ejercicio en pacientes con patrón restrictivo (parenquimatosa o extra-parenquimatosa) respecto a enfermos con alteración obstructiva de las vías respiratorias, consideramos que tiene poco sentido fisiopatológico, pues no es factible comparar el grado de deterioro de dichas patologías que conducen a modificaciones de los equivalentes respiratorios difíciles de diferenciar. Además, las posibles diferencias no determinan ventajas clínicas.

## Los equivalentes respiratorios para los gases en la respuesta al ejercicio en patologías del sistema cardiovascular

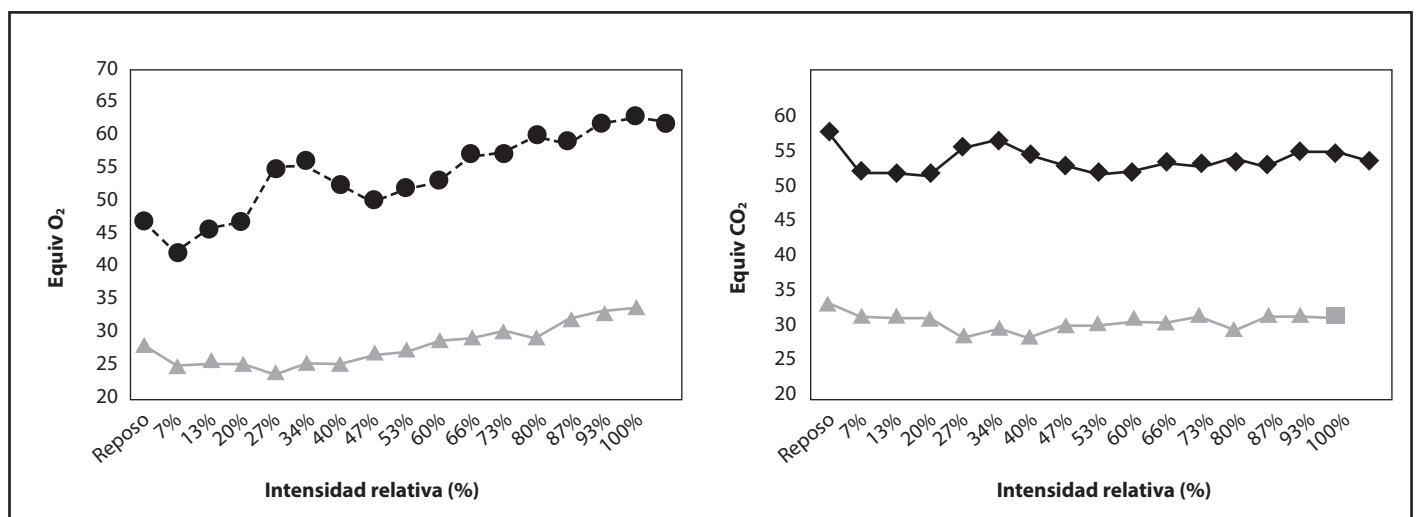
El problema "relativo" de los enfermos con insuficiencia cardíaca es que las alteraciones de la función ventricular se acompañan de alteraciones del aparato respiratorio. Por consiguiente, la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases no difiere de la correspondiente a los enfermos con patología "estrictamente" respiratoria, pero sí supone, según diversos autores, un modo de valorar el pronóstico y evolución de la enfermedad cardíaca.

Miki *et al.*<sup>22</sup> valoraron el tiempo de supervivencia en enfermos con insuficiencia cardíaca mediante la pendiente de la relación

$$\frac{\dot{V}_E}{\dot{V} CO_2} / intensidad$$

Estos autores, mediante una análisis multivariante, indican que la baja eficiencia ventilatoria, medida indirectamente por el  $\dot{V}_E / \dot{V} CO_2$ , es un importante factor predictivo de la morbilidad y la mortalidad, independientemente actividad hemodinámica central. De los factores estudiados (pendiente de la PaO<sub>2</sub>, el  $\dot{V}_E / \dot{V} CO_2$ , pulso de oxígeno, el consumo máximo de oxígeno y edad), los autores de este estudio confirman lo que otros autores Kleber *et al.*<sup>23</sup> y Braga *et al.*<sup>24</sup> han señalado: la utilidad como predictores del pronóstico de supervivencia en estos enfermos.

Figura 4. Respuesta de los equivalentes respiratorio para los dos gases en una persona sana y un enfermo con una patología de tipo obstructivo.



Igualmente, Olson *et al.*<sup>25</sup>, en un interesante estudio sobre la posible influencia de la inhibición de la información aferente de la musculatura sobre el patrón respiratorio demostraron que el incremento de la ventilación en pacientes con insuficiencia cardiaca, se producía por un incremento de la frecuencia respiratoria a expensas de la relación  $V_T/T_i$ , así como un aumento de la pendiente  $\frac{\dot{V}_E}{\dot{V}_{CO_2}}/intensidad$

además de un descenso de la intensidad y del consumo de oxígeno pico. Según estos autores, en parte, son debidos a la reducción de la información aferente a los centros de regulación de la respiración, pues cuando anulaban farmacológicamente las aferencias del aparato locomotor se reducía la respuesta ventilatoria durante el ejercicio.

Finalmente, Takayanagi *et al.*<sup>26</sup> y Van Iterson<sup>27</sup>, entre otros parámetros cardiorrespiratorios, han señalado la importancia del  $\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}$  durante el ejercicio para la valoración de los pacientes con insuficiencia cardiaca. Los primeros<sup>26</sup>, comprobaron que durante la recuperación las variaciones experimentadas por el cociente respiratorio, el  $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$  y la PET  $O_2$  fueron significativamente mayores en las personas con mejor función ventricular. Los segundos<sup>27</sup>, señalan que la alteración de la pendiente

$$\frac{\dot{V}_E}{\dot{V}_{CO_2}}/intensidad$$

durante el ejercicio se explica mejor por la relación  $V_O/V_T$  en los pacientes con insuficiencia cardiaca y baja fracción de eyección en comparación con los pacientes con insuficiencia cardiaca y fracción de eyección dentro de la normalidad, subrayando la necesidad de interpretar mejor la pendiente

$$\frac{\dot{V}_E}{\dot{V}_{CO_2}}/intensidad$$

en la insuficiencia cardiaca, fundamentalmente desde el punto de vista clínico.

## Conflicto de interés

El autor no declara conflicto de interés alguno.

## Bibliografía

- Calderón Montero FJ. Ergoespiometría: paradigma de análisis integrado de la respuesta del organismo al ejercicio. En *fisiología humana. Aplicación a la actividad física*. Editorial Medica Panamericana, 2018, Madrid. p. 401-2.
- Owles WH. Alterations in the lactic acid content of the blood as a result of light exercise, and associated changes in the CO<sub>2</sub>-combining power of the blood and in the alveolar CO<sub>2</sub> pressure. *J. Physiol.* 1930;69:214-37.
- Wasserman, K, McLroy, MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Physiol.* 1964;14:844-52.
- Reinhard U, Müller PH, Schmülling RM. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration.* 1979;38:36-42.
- Kleber FX, Vietzke G, Wernecke KD, Bauer U, Opitz C, Wensel R, *et al.* Impairment of ventilator efficiency in heart failure: prognostic impact. *Circulation.* 2000;101:2803-9.
- Guazzi M, Reina G, Tumminello G, Guazzi MD. Exercise ventilation inefficiency and cardiovascular mortality in heart failure: the critical independent prognostic value of the arterial CO<sub>2</sub> partial pressure. *Eur Heart J.* 2005;26:472-80.
- Guazzi M, Myers J, Arena R. Cardiopulmonary exercise testing in the clinical and prognostic assessment of diastolic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2005 Nov 15; 46:1883-90.
- Shafiq A, Brawner CA, Aldred HA, Lewis B, Williams CT, Tita C, *et al.* Prognostic value of cardiopulmonary exercise testing in heart failure with preserved ejection fraction. *Am Heart J.* 2016;174:167-72.
- Dumitrescu D, Oudiz RJ, Karpouzias G, Hovanesyan A, Jayasinghe A, Hansen JE, *et al.* Developing pulmonary vasculopathy in systemic sclerosis, detected with non-invasive cardiopulmonary exercise testing. *PLoS one.* 2010;5:1493.
- Geppert J, Zuntz N. Ueber die regulation der atmung. *Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere.* 1888;42:189-245.
- Stickland MK, Lindinger MI, Olfert IM, Heigenhauser GJ, Hopkins SR. Pulmonary gas exchange and acid-base balance during exercise. *Comprehensive Physiology.* 2013;3:693.
- Calderón Montero FJ. *Intercambio y transporte de los gases durante el ejercicio en Fisiología humana. Aplicación a la actividad física*. Editorial Medica Panamericana, 2018, Madrid. P 104-5.
- Chicharro JL, Legido JC. *Umbral anaerobio. Bases fisiológicas y aplicaciones* (1ª ed.). Interamericana-McGraw-Hill. Madrid. 1991.
- Jamnick NA, Pettitt RW, Granata C, Pyne DB, Bishop DJ. An examination and critique of current methods to determine exercise intensity. *Sports Med.* 2020;50:1729-56.
- Wasserman K. Anaerobiosis, lactate, and gas exchange during exercise: the issues. *Fed Proc.* 1986;45:2904-9.
- Peinado AB, Rojo JJ, Calderón FJ, Maffulli N. Responses to increasing exercise upon reaching the anaerobic threshold, and their control by the central nervous system. *BMC.* 2014;6:1-7.
- McDonough P, Kindig CA, Erickson HH, Poole DC. Mechanistic basis for the gas exchange threshold in thoroughbred horses. *J App Physiol.* 2002;92:1499-505.
- Benito PJ, Peinado AB, Díaz Molina V, Lorenzo Capellá I, Calderón FJ. Evolución de los parámetros ergoespiométricos con el entrenamiento en deportistas. *Arch med deporte.* 2007;464-75.
- Sietsema KE, Stringer WW, Sue DY, Ward S, Wasserman & Whipp's. *Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications*. Lippincott Williams & Wilkins; 2020.
- Malhotra R, Bakken K, D'Elia E, Lewis GD. Cardiopulmonary exercise testing in heart failure. *JACC: Heart Failure.* 2016;4:607-16.
- Barbera JA, Roca J, Ramirez J, Wagner PD, Ussetti P, Rodriguez-Roisin R. Gas exchange during exercise in mild chronic obstructive pulmonary disease: correlation with lung structure. *American Review of Respiratory Disease.* 2012.
- Miki K, Maekura R, Hiraga T, Okuda Y, Okamoto T, Hirofani A, *et al.* Impairments and prognostic factors for survival in patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *Resp mede.* 2003;97:482-90.
- Kleber FX, Vietzke G, Wernecke KD, Bauer U, Opitz C, Wensel R, *et al.* Impairment of ventilatory efficiency in heart failure: prognostic impact. *Circulation.* 2000;101:2803-9.
- Braga AMFW, Rondon MUP, Negrão CE, Wajngarten M. Predictive value of ventilatory and metabolic variables for risk of death in patients with cardiac failure. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2006;86:451-8.
- Olson TP, Joyner MJ, Eisenach JH, Curry TB, Johnson BD. Influence of locomotor muscle afferent inhibition on the ventilatory response to exercise in heart failure. *Experimental physiology.* 2014;99:414-26.
- Takayanagi Y, Koike A, Nagayama O, Nagamine A, Qin R, Kato J & Aonuma K. Clinical significance of the overshoot phenomena of respiratory gas indices during recovery from maximal exercise testing. *J Cardiol.* 2017;70:598-606.
- Van Iterson EH, Johnson BD, Borlaug BA, Olson TP. Physiological dead space and arterial carbon dioxide contributions to exercise ventilatory inefficiency in patients with reduced or preserved ejection fraction heart failure. *Euro J Hear Fail.* 2017;19:1675-85.

## Espíritu **UCAM** Espíritu Universitario

**Miguel Ángel López**

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



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

<sup>(1)</sup> Presencial    <sup>(2)</sup> Semipresencial

# Archivos

## de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

**Índice completo**  
**213-218**  
Volumen XL. 2023

**Índice de sumarios 2023**

**Índice analítico**

**Índice de autores**



# Sumarios 2023

## Volumen 40(1) - Núm 213. Enero - Febrero 2023 / January - February 2023

### Editorial

- Fisiología clínica y prescripción de ejercicio físico en el medio hospitalario. *Clinical physiology and prescription of physical exercise in the hospital environment.*  
**Fco. Javier Rubio Pérez**..... 6

### Originales / Original articles

- Asociación entre la actividad física extraescolar con la condición física, estilo de vida y expediente. *Impact/relationship of extracurricular physical activity practice on physical fitness, lifestyle, and academic record.* **Cesar I. Fernandez-Lazaro, Diego Fernández-Lázaro**.....9
- Efectos del foam roller sobre la capacidad de salto en deportistas: una revisión sistemática. *Effects of foam roller on jumping ability in athletes: a systematic review.* **Miguel Alarcón Rivera, Pablo Valdés Badilla, Aldo Martínez Araya, Sebastián Astorga Verdugo, Leonardo Lagos, Mario Muñoz, Eduardo Guzmán Muñoz**..... 17
- Entrenamiento intervalado de alta-intensidad en el adulto mayor sano. Una revisión sistemática. *High-intensity interval training in the healthy elderly. A systematic review.* **Pilar Labrin, Nicol Paris, Victoria Torres, Humberto Castillo-Quezada, Claudio Hernández-Mosqueira**..... 24
- Lesiones y enfermedades durante el campeonato sudamericano de baloncesto en silla de ruedas 2021: un estudio epidemiológico. *Injuries and illnesses during the Wheelchair Basketball South America Championships 2021: an epidemiological study.* **Diego J. Bogado, Rodrigo A. Martínez Stenger, Jesica E. Blajman, Gonzalo M. Santiago, Carina S. Palma, Valeria N. Quiróz, Máximo Barrios, Elisa N. Mamani**..... 30
- Formation of medical information model for rehabilitation of highly qualified athletes. *Formación de modelo de información médica para la rehabilitación de atletas altamente calificados.* **Wei Wang, Yan Hao Tu, Elena Kozlova, Ke Wu Fang**..... 40

### X Jornadas Internacionales de Medicina del Deporte

- Comunicaciones orales  
*Oral communications*..... 49

## Volumen 40(2) - Núm 214. Marzo - Abril 2023 / March - April 2023

### Editorial

- Prevención de accidentes en deportes extremos. *Accident prevention in extreme sports.* **Miguel del Valle**.....74

### Originales / Original articles

- Ankle Active Range of Motion as an Essential Factor of Footwork Technique in the Prevention of Overuse Injuries in Flamenco Dancers. *Rango de movimiento activo del tobillo como factor esencial de la técnica de zapateado en la prevención de lesiones por sobreuso en bailarinas de flamenco.* **Ningyi Zhang, Sebastián Gómez-Lozano, Ross Armstrong, Hui Liu, Alfonso Vargas-Macias**.....77
- Allometric scaling for normalizing maximal oxygen uptake in elite rugby union players. *Normalización del consumo de oxígeno máximo por escala alométrica en jugadores de rugby unión de élite.* **Alicia S. Canda, Luis F. Agorreta, Manuel Marina-Breysse, Lucia Sainz, Manuel Rabadán**.....85
- La combinación de calentamiento activo y pasivo como método para incrementar la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda. *The combination of active and passive warm-up as a method to increase the number of deep squat repetitions.* **Martín Pérez Zazueta, Brandon Lira Samano, Alfredo Castro Flores, Francisco Gaspar Celis, Cristobal Hernández Noriega, Luis M. Gómez Miranda, Roberto Espinoza-Gutiérrez, Jorge A. Aburto-Corona**..... 94
- El deporte como condicionante en la elección del tipo de plastia en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Encuesta epidemiológica y análisis de la situación actual. Sport as a conditioning factor in the choice of the type of plasty in anterior cruciate ligament reconstruction. Epidemiological survey and analysis of the current situation.* **Jorge Salvador Marín, Juan D. Ayala Mejías**..... 99
- Effect of tibial tunnel diameter on the outcome of ACL reconstruction. *Efecto del diámetro del túnel tibial en el resultado de la reconstrucción de LCA.* **Covadonga Quintana-Barcia, Cristina Rodríguez, Covadonga Betegón, Antonio Maestro**..... 107
- Body Composition and Somatotype of Athletes in the Chilean Sport Talent Development Programs. *Composición corporal y somatotipo de los atletas del programa de desarrollo de talentos deportivos chilenos.* **Carlos Bahamondes-Avila, Jaime Cárcamo-Oyarzún, Esteban Aedo-Muñoz, Claudio Hernandez-Mosqueira, Cristian Martínez-Salazar, Marcelo Rosas-Mancilla, Pedro Delgado-Floody, Felipe Caamaño-Navarrete, Daniel Jerez-Mayorga**..... 113

## Volumen 40(3) - Núm 215. Mayo - Junio 2023 / May - June 2023

### Editorial

- La prescripción de ejercicio físico. En este barco remamos todos. *Prescribing physical exercise. A boat where we row together.* **Raquel Blasco Redondo, Melchor Jesús Andrés Puertas** ..... 128

### Originales / Original articles

- Influencia del ciclo menstrual en el rendimiento físico y cognitivo en mujeres eumenorreicas. *Influence of the menstrual cycle on physical and cognitive performance in eumenorrhic women.* **Inés Piñas Bonilla, Pablo Abián, Alfredo Bravo-Sánchez, María Ramírez-de la Cruz, Fernando Jiménez, Javier Abián-Vicén** ..... 131
- Influencia de ACTN3 R577X sobre el riesgo de lesión. *Influence of ACTN3 R577X on the Risk of Injury.* **Marta Barros Contreras, Rocío de la Iglesia** ..... 139
- Efectos del rodillo de espuma o *foam roller* sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento. *Effects of Foam Roller on Range of Motion, Flexibility, Strength, and Delayed Onset Muscle Soreness in High Performance Athletes.* **Diego Fernández-Lázaro, Cesar I. Fernandez-Lazaro, Gema Santamaría, Jesús Seco-Calvo** ..... 145
- Autonomic responses and internal load analysis through acute assessment of heart rate variability after a high-intensity functional training session. *Respuestas autonómicas y análisis de la carga interna mediante la evaluación aguda de la variabilidad de la frecuencia cardíaca tras una sesión de entrenamiento funcional de alta intensidad.* **Leandro de Oliveira Sant'Ana, Anastasia Evmenenko, Jeferson Macedo Vianna, Sérgio Machado, Diogo Santos Teixeira** ..... 155
- Síndrome doloroso del trocánter mayor (SDTM): enfoque multifactorial actualizado. *Greater trochanter pain syndrome (GTPS): updated multifactorial approach.* **Alejandra Gonzalez Sanmamed, María Luisa Ruiz Fernández** ..... 162

### Revisiones / Reviews

- Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza máxima en nadadores de competición: una revisión sistemática. *Effects of a maximal strength training program in competitive swimmers: a systematic review.* **David Alejandro Ruales Herrera, Daniel López-Plaza** ..... 173

## Volumen 40(4) - Núm 216. Julio - Agosto 2023 / July - August 2023

### Editorial

- El reconocimiento médico de aptitud deportiva, ¿realidad o ficción?. *The medical examination of sports aptitude, reality or fiction?* **Gonzalo Correa González** ..... 191

### Originales / Original articles

- Perfil de rendimiento de regatistas de élite de clase ILCA. Diferencias entre hombres y mujeres. *Performance profile of elite ILCA class sailors. Differences between men and women.* **Aarón Manzanares, Alberto Encarnación-Martínez, Ion Chicoy-García, Francisco Segado** ..... 194
- A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part I). *Una revisión sistemática sobre la aplicación del Aikido como una herramienta psicósomática en sectores terapéuticos (Parte I).* **Sebastián Gómez-Lozano, María Antonia Hurtado-Guapo, Clare Kelly-Lahon, Jesús Arce-Moreno, Kiko León, Alfonso Vargas-Macías** ..... 200
- A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part II). *Una revisión sistemática sobre la aplicación del Aikido como una herramienta psicósomática en sectores terapéuticos (Parte II).* **Sebastián Gómez-Lozano, María Antonia Hurtado-Guapo, Clare Kelly-Lahon, Jesús Arce-Moreno, Kiko León, Alfonso Vargas-Macías** ..... 208
- Evaluación del consumo máximo de oxígeno pre y post COVID-19 en futbolista de élite en Argentina. *Evaluation of maximum oxygen consumption pre and post COVID-19 in elite soccer player from Argentina.* **Martin Fernando Bruzzese, Nelio Eduardo Bazán, Nicolás Antonio Echandía, Gastón Cesar Garcia** ..... 217
- Hemodynamic and motion demands of soccer referees: a comparison between series A and B of the State Championship of Rio de Janeiro, Brazil. *Las demandas hemodinámicas y de movimiento de los árbitros de fútbol: una comparación entre las series A y B del Campeonato. Estatal de Río de Janeiro, Brasil.* **Leandro de Lima e Silva, Rodrigo Gomes de Souza Vale, Eduardo Borba Neves, Juliana Brandão Pinto de Castro, Erik Salum de Godoy, Jurandir Baptista da Silva, Magna Leilane Silva, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes** ..... 222
- Funcionalidad y fuerza de aductores en jugadores de hockey sobre patines de alto nivel. *Function and adductor strength in high level rink hockey players.* **Marcos Quintana-Cepedal, Yolanda Pedrero-Martin, Omar de la Calle, María Medina-Sánchez, Miguel del Valle, Hugo Olmedillas** ..... 229

## Volumen 40(5) - Núm 217. Septiembre - Octubre 2023 / September - October 2023

### Editorial

"Doctor ... ya estoy bien, no me duele". "Doctor ... I'm fine, it doesn't hurt". **Ana V. Cintron Rodríguez** .....246

### Documento de consenso

Contraindicaciones para la práctica deportiva. Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED). Versión 2023. *Contraindications of sports practice. Consensus document of the Spanish Society of Sports Medicine (SEMED). Version 2023.*

**Pedro Manonelles Marqueta, Emilio Luengo Fernández, Luis Franco Bonafonte (coordinadores)** .....248

### Originales / Original articles

Método Masqsano. Detección de enfermedades cardíacas no conocidas en reconocimientos médicos deportivos. *MasQsano method. Detection of unknown cardiac diseases in sports medical examinations.* **Antonio Rodríguez Martínez, Pablo Berenguel Martínez** .....280

Lung diffusing capacity after different modalities of exercise at sea level and hypobaric simulated altitude of 4,000 m. *Capacidad de difusión pulmonar bajo diferentes modalidades de ejercicio a nivel del mar y en hipoxia hipobárica simulada de 4.000 m.* **Iker García, Franchek Drobnic, Beatriz Arrillaga, Yinkiria Cheng, Casimiro Javierre, Victoria Pons, Ginés Viscor** .....286

Diferencias antropométricas y potencia aeróbica máxima entre hombres y mujeres en el remo de traineras. *Anthropometric and maximal aerobic power differences between male and female row crews- traineras.* **Beñat Larrinaga, Xabier Río, Aitor Coca, Manuel Rodríguez-Alonso, Ane Arbillaga-Etxarri** .....293

Prevalence of electrocardiographic abnormalities in elite and sub-elite professional athletes. *Prevalencia de alteraciones electrocardiográficas en deportistas élite y sub-élite.* **Valeria González González, Carlos E. Barrón Gámez, Laura L. Salazar Sepúlveda, Tomas J. Martínez Cervantes, Oscar Salas Fraire** .....298

### Revisiones / Reviews

The influence of the menstrual cycle on the practice of physical exercise: narrative review. *La influencia del ciclo menstrual en la práctica de ejercicio físico: una revisión narrativa.* **Francielle de Assis Arantes, Osvaldo Costa Moreira, Gleiverson Saar Sequeto, Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira** .....305

## Volumen 40(6) - Núm 218. Noviembre - Diciembre 2023 / November - December 2023

### Editorial

La conmoción cerebral relacionada con el deporte (SRC). Problemática actual e implicaciones del médico deportivo. *Sport-related concussion (SRC). Current challenges and implications for team doctors.* **Juan José Ramos Álvarez** .....323

### Originales / Original articles

Valores de referencia de actividad de creatinquinasa en un grupo de deportistas de alto rendimiento. *Creatine kinase activity reference values in a group of high-performance athletes.* **Adrián Aymard, Melina Y. Pinheiro, Silvia E. Louzán, Agustina Peverini, Adriana J. Oneto, Claudio Aranda** .....326

Performance of young female ballet dancers' dominant and non-dominant lower limbs during hop and Y-balance testing. *Rendimiento de las extremidades inferiores dominantes y no dominantes de jóvenes bailarinas de ballet durante hop test y Y-balance testing.* **Melissa Talita Wiprich, Eduarda Agatti, Eliana Varela de Castro, Gerson Saciloto Tadiello, Leandro Viçosa Bonetti** .....332

Rehabilitación mediante ejercicio de alta intensidad en las fases tempranas del ictus: revisión sistemática y metaanálisis. *Rehabilitation with high intensity training in the early phases of stroke: a systematic review and meta-analysis.* **Pedro Diez Solórzano, Iria Causín Fórneas, Iris Ontanilla Bayón, Ana Pedruelo Fraile, María Medina-Sánchez, Hugo Olmedillas** .....339

Detección temprana de aumento de presión arterial y su relación con la dermatoglia dactilar en futbolistas jóvenes de la ciudad de Bogotá. *Early detection of high blood pressure in university football players and its relation to fingerprints dermatoglyphics in Bogota city.* **Laura E. Castro Jiménez, Wilson D. Gutiérrez Pérez, Diego A. Becerra Pedraza, Camila A. Ortiz Corchuelo, Cristian D. Yagama Parra, Yenny P. Arguello Gutiérrez, Isabel A. Sánchez** .....349

Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica. *Analysis of respiratory equivalent response for gases. Physiological significance.* **Francisco Javier Calderón Montero** .....354

Índices año 2023 .....361

Revisores 2023 .....370

# Índice analítico 2023

Palabra clave	Título	Número	Página	Año
<b>ACL</b>	Effect of tibial tunnel diameter on the outcome of ACL reconstruction	214	107	2023
<b>ACTIVIDAD ENZIMÁTICA</b>	Valores de referencia de actividad de creatinquinasa en un grupo de deportistas de alto rendimiento	218	326	2023
<b>ACTIVIDAD FÍSICA</b>	Asociación entre la actividad física extraescolar con la condición física, estilo de vida y expediente	213	9	2023
	Influencia del ciclo menstrual en el rendimiento físico y cognitivo en mujeres eumenorreicas	215	131	2023
<b>ADAPTACIÓN</b>	Valores de referencia de actividad de creatinquinasa en un grupo de deportistas de alto rendimiento	218	326	2023
<b>ADOLESCENTE</b>	Funcionalidad y fuerza de aductores en jugadores de hockey sobre patines de alto nivel	216	229	2023
<b>ADULTO MAYOR SANO</b>	Entrenamiento intervalado de alta-intensidad en el adulto mayor sano: Una revisión sistemática	213	24	2023
<b>ALMOHADILLA TÉRMICA</b>	La combinación de calentamiento activo y pasivo como método para incrementar la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda	214	94	2023
<b>ALOMÉTRICO</b>	Allometric scaling for normalizing maximal oxygen uptake in elite rugby union players	214	85	2023
<b>ANKLE ACTIVE RANGE OF MOTION</b>	Ankle active range of motion as an essential factor of footwork technique in the prevention of overuse injuries in flamenco dancers	214	77	2023
<b>ANTHROPOMETRY</b>	Body composition and somatotype of athletes in the chilean sport talent development program	214	113	2023
<b>APTITUD DEPORTIVA</b>	Contraindicaciones para la práctica deportiva. Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED)	216	241	2023
<b>ASPECTOS COGNITIVOS</b>	Influencia del ciclo menstrual en el rendimiento físico y cognitivo en mujeres eumenorreicas	215	131	2023
<b>ATHLETE</b>	Formation of medical information model for rehabilitation of highly qualified athletes	213	40	2023
	Body composition and somatotype of athletes in the chilean sport talent development program	214	113	2023
<b>AUTONOMIC RESPONSE</b>	Autonomic responses and internal load analysis through acute assessment of heart rate variability after a high-intensity functional training session	215	155	2023
<b>BALLET</b>	Performance of young female ballet dancers' dominant and non-dominant lower limbs during hop and Y-balance testing	218	332	2023
<b>BALONCESTO EN SILLA DE RUEDAS</b>	Lesiones y enfermedades durante el campeonato sudamericano de baloncesto en silla de ruedas 2021: un estudio epidemiológico	213	30	2023
<b>BODY COMPOSITION</b>	Body composition and somatotype of athletes in the chilean sport talent development program	214	113	2023
<b>CALIDAD DE VIDA</b>	Rehabilitación mediante ejercicio de alta intensidad en las fases tempranas del ictus: revisión sistemática y metaanálisis	218	339	2023
<b>CALIDAD DE VIDA RELACIONADA CON LA SALUD</b>	Asociación entre la actividad física extraescolar con la condición física, estilo de vida y expediente	213	9	2023
<b>CAPACIDAD AERÓBICA MÁXIMA</b>	Allometric scaling for normalizing maximal oxygen uptake in elite rugby union players	214	85	2023
<b>CARDIOPATÍAS</b>	Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica	218	354	2023
<b>CICLO MENSTRUAL</b>	Influencia del ciclo menstrual en el rendimiento físico y cognitivo en mujeres eumenorreicas	215	131	2023
<b>CLASE ILCA</b>	Perfil de rendimiento de regatistas de élite de clase ILCA. Diferencias entre hombres y mujeres	216	194	2023
<b>COMPLEMENTARY THERAPY</b>	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part I)	216	200	2023
	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part II)	216	208	2023
<b>COMPOSICIÓN CORPORAL</b>	Allometric scaling for normalizing maximal oxygen uptake in elite rugby union players	214	85	2023
<b>CONDICIÓN FÍSICA</b>	Asociación entre la actividad física extraescolar con la condición física, estilo de vida y expediente	213	9	2023
	Rehabilitación mediante ejercicio de alta intensidad en las fases tempranas del ictus: revisión sistemática y metaanálisis	218	339	2023
<b>CONSENSO</b>	Contraindicaciones para la práctica deportiva. Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED)	216	241	2023
<b>CONSUMO DE OXÍGENO</b>	Allometric scaling for normalizing maximal oxygen uptake in elite rugby union players	214	85	2023
<b>CONTRAINDICACIÓN</b>	Contraindicaciones para la práctica deportiva. Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED)	216	241	2023
<b>COVID-19</b>	Evaluación del consumo máximo de oxígeno pre y post COVID-19 en futbolista de élite en Argentina	216	217	2023
<b>CREATINQUINASA</b>	Valores de referencia de actividad de creatinquinasa en un grupo de deportistas de alto rendimiento	218	326	2023
<b>CROSSFIT</b>	Autonomic responses and internal load analysis through acute assessment of heart rate variability after a high-intensity functional training session	215	155	2023
<b>DAÑO MUSCULAR</b>	Influencia de ACTN3 R577X sobre el riesgo de lesión	215	139	2023
<b>DECISION</b>	Hemodynamic and motion demands of soccer referees: a comparison between series A and B of the State Championship of Rio de Janeiro, Brazil	216	222	2023
<b>DEPORTE</b>	El deporte como condicionante en la elección del tipo de plastia en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior epidemiológica y análisis de la situación actual	214	99	2023
	Efectos del foam roller sobre la capacidad de salto en deportistas: una revisión sistemática	213	17	2023
<b>DEPORTES DE EQUIPO</b>	Allometric scaling for normalizing maximal oxygen uptake in elite rugby union players	214	85	2023
<b>DERMATOGLIFIA</b>	Detección temprana de aumento de presión arterial y su relación con la dermatoglia dactilar en futbolistas jóvenes de la ciudad de Bogotá	218	349	2023
<b>DOLOR INGUINAL</b>	Funcionalidad y fuerza de aductores en jugadores de hockey sobre patines de alto nivel	216	229	2023
<b>DOMS</b>	Efectos del rodillo de espuma o foam roller sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento	215	145	2023
<b>DYNAMICS</b>	Formation of medical information model for rehabilitation of highly qualified athletes	213	40	2023
<b>EJERCICIO</b>	Evaluación del consumo máximo de oxígeno pre y post COVID-19 en futbolista de élite en Argentina	216	217	2023
<b>EJERCICIO FÍSICO</b>	Influencia de ACTN3 R577X sobre el riesgo de lesión	215	139	2023
<b>EJERCICIO TERAPÉUTICO</b>	Rehabilitación mediante ejercicio de alta intensidad en las fases tempranas del ictus: revisión sistemática y metaanálisis	218	339	2023

Palabra clave	Título	Número	Página	Año
<b>ENCUESTA</b>	El deporte como condicionante en la elección del tipo de plastia en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior epidemiológica y análisis de la situación actual	214	99	2023
<b>ENFERMEDADES</b>	Lesiones y enfermedades durante el campeonato sudamericano de baloncesto en silla de ruedas 2021: un estudio epidemiológico	213	30	2023
<b>ENTRENAMIENTO DE FUERZA</b>	Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza máxima en nadadores de competición: una revisión sistemática	215	173	2023
<b>ENTRENAMIENTO DE POTENCIA</b>	Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza máxima en nadadores de competición: una revisión sistemática	215	173	2023
<b>ENTRENAMIENTO DEPORTIVO</b>	Entrenamiento intervalado de alta-intensidad en el adulto mayor sano: Una revisión sistemática	213	24	2023
<b>ENTRENAMIENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDAD</b>	Entrenamiento intervalado de alta-intensidad en el adulto mayor sano: Una revisión sistemática	213	24	2023
<b>EPIDEMIOLOGÍA</b>	Lesiones y enfermedades durante el campeonato sudamericano de baloncesto en silla de ruedas 2021: un estudio epidemiológico	213	30	2023
<b>EQUIVALENTES RESPIRATORIOS PARA LOS GASES</b>	Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica	218	354	2023
<b>ETIOLOGÍA</b>	Síndrome doloroso del trocánter mayor (SDTM): enfoque multifactorial actualizado	215	162	2023
<b>EXCLUSIÓN</b>	Contraindicaciones para la práctica deportiva. Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED)	216	241	2023
<b>EXTERNAL LOAD</b>	Ankle active range of motion as an essential factor of footwork technique in the prevention of overuse injuries in flamenco dancers	214	77	2023
<b>EXTRAESCOLARES</b>	Asociación entre la actividad física extraescolar con la condición física, estilo de vida y expediente	213	9	2023
<b>FASCIA</b>	Efectos del foam roller sobre la capacidad de salto en deportistas: una revisión sistemática	213	17	2023
<b>FEM</b>	Effect of tibial tunnel diameter on the outcome of ACL reconstruction	214	107	2023
<b>FLEXIBILIDAD</b>	Efectos del rodillo de espuma o foam roller sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento	215	145	2023
<b>FUERZA</b>	Efectos del rodillo de espuma o foam roller sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento	215	145	2023
<b>FÚTBOL</b>	Detección temprana de aumento de presión arterial y su relación con la dermatoglifa dactilar en futbolistas jóvenes de la ciudad de Bogotá	218	349	023
<b>GENOTIPO</b>	Influencia de ACTN3 R577X sobre el riesgo de lesión	215	139	2023
<b>HEALTH</b>	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part I)	216	200	2023
	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part II)	216	208	2023
<b>HEART RATE</b>	Hemodynamic and motion demands of soccer referees: a comparison between series A and B of the State Championship of Rio de Janeiro, Brazil	216	222	2023
<b>HEART RATE VARIABILITY</b>	Autonomic responses and internal load analysis through acute assessment of heart rate variability after a high-intensity functional training session	215	155	2023
<b>HIGH-INTENSITY UNCTIONAL RAINING</b>	Autonomic responses and internal load analysis through acute assessment of heart rate variability after a high-intensity functional training session	215	155	2023
<b>HOCKEY SOBRE PATINES</b>	Funcionalidad y fuerza de aductores en jugadores de hockey sobre patines de alto nivel	216	229	2023
<b>HOP TESTS</b>	Performance of young female ballet dancers' dominant and non-dominant lower limbs during hop and Y-balance testing	218	332	2023
<b>HORAS DE PANTALLA</b>	Asociación entre la actividad física extraescolar con la condición física, estilo de vida y expediente	213	9	2023
<b>INDUCCIÓN MIOFASCIAL</b>	Efectos del rodillo de espuma o foam roller sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento	215	145	2023
<b>INFORMATION</b>	Formation of medical information model for rehabilitation of highly qualified athletes	213	40	2023
<b>INTENSITY</b>	Hemodynamic and motion demands of soccer referees: a comparison between series A and B of the State Championship of Rio de Janeiro, Brazil	216	222	2023
<b>INTERVALOS DE REFERENCIA</b>	Valores de referencia de actividad de creatinquinasa en un grupo de deportistas de alto rendimiento	218	326	2023
<b>LESIÓN</b>	Influencia de ACTN3 R577X sobre el riesgo de lesión	215	139	2023
<b>LESIONES DEPORTIVAS</b>	Lesiones y enfermedades durante el campeonato sudamericano de baloncesto en silla de ruedas 2021: un estudio epidemiológico	213	30	2023
	Influencia de ACTN3 R577X sobre el riesgo de lesión	215	139	2023
<b>LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR</b>	El deporte como condicionante en la elección del tipo de plastia en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior epidemiológica y análisis de la situación actual	214	99	2023
<b>MARTIAL ARTS</b>	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part I)	216	200	2023
	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part II)	216	208	2023
<b>MASAJE</b>	Efectos del foam roller sobre la capacidad de salto en deportistas: una revisión sistemática	213	17	2023
<b>MEDICINA DEL DEPORTE</b>	Evaluación del consumo máximo de oxígeno pre y post COVID-19 en futbolista de élite en Argentina	216	217	2023
	Contraindicaciones para la práctica deportiva. Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED)	216	241	2023
<b>MINDFULNESS</b>	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part I)	216	200	2023
	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part II)	216	208	2023
<b>MODEL</b>	Formation of medical information model for rehabilitation of highly qualified athletes	213	40	2023
<b>MUJER</b>	Influencia del ciclo menstrual en el rendimiento físico y cognitivo en mujeres eumenorreicas	215	131	2023
<b>NATACIÓN</b>	Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza máxima en nadadores de competición: una revisión sistemática	215	173	2023
<b>NEUMOPATÍA</b>	Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica	218	354	2023
<b>NIVEL DE EVIDENCIA: IV</b>	Funcionalidad y fuerza de aductores en jugadores de hockey sobre patines de alto nivel	216	229	2023
<b>OVERUSE INJURIES</b>	Ankle active range of motion as an essential factor of footwork technique in the prevention of overuse injuries in flamenco dancers	214	77	2023



Palabra clave	Título	Número	Página	Año
<b>PARATLETAS</b>	Lesiones y enfermedades durante el campeonato sudamericano de baloncesto en silla de ruedas 2021: un estudio epidemiológico	213	30	2023
<b>PLASTY</b>	Effect of tibial tunnel diameter on the outcome of ACL reconstruction	214	107	2023
<b>PLAYERLOAD</b>	Ankle active range of motion as an essential factor of footwork technique in the prevention of overuse injuries in flamenco dancers	214	77	2023
<b>POLIMORFISMO</b>	Influencia de ACTN3 R577X sobre el riesgo de lesión	215	139	2023
<b>PRESIÓN ARTERIAL</b>	Detección temprana de aumento de presión arterial y su relación con la dermatoglia dactilar en futbolistas jóvenes de la ciudad de Bogotá	218	349	2023
<b>PROPRIOCEPTION</b>	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part I)	216	200	2023
	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part II)	216	208	2023
<b>RANGO DE MOVIMIENTO</b>	Efectos del rodillo de espuma o foam roller sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento	215	145	2023
<b>RECONOCIMIENTO MÉDICO DEPORTIVO</b>	Contraindicaciones para la práctica deportiva. Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED)	216	241	2023
<b>RECONSTRUCCIÓN</b>	El deporte como condicionante en la elección del tipo de plastia en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior epidemiológica y análisis de la situación actual	214	99	2023
<b>REFEREE</b>	Hemodynamic and motion demands of soccer referees: a comparison between series A and B of the State Championship of Rio de Janeiro, Brazil	216	222	2023
<b>REGATISTAS OLÍMPICOS</b>	Perfil de rendimiento de regatistas de élite de clase ILCA. Diferencias entre hombres y mujeres	216	194	2023
<b>REHABILITATION</b>	Formation of medical information model for rehabilitation of highly qualified athletes	213	40	2023
<b>RENDIMIENTO</b>	Influencia del ciclo menstrual en el rendimiento físico y cognitivo en mujeres eumenorreicas	215	131	2023
<b>RENDIMIENTO ACADÉMICO</b>	Asociación entre la actividad física extraescolar con la condición física, estilo de vida y expediente	213	9	2023
<b>RENDIMIENTO DEPORTIVO</b>	Efectos del foam roller sobre la capacidad de salto en deportistas: una revisión sistemática	213	17	2023
	Evaluación del consumo máximo de oxígeno pre y post COVID-19 en futbolista de élite en Argentina	216	217	2023
<b>RENDIMIENTO FÍSICO</b>	La combinación de calentamiento activo y pasivo como método para incrementar la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda	214	94	2023
<b>RELACIÓN VENTILACIÓN/ PERFUSIÓN</b>	Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica	218	354	2023
<b>RODILLO DE ESPUMA</b>	Efectos del rodillo de espuma o foam roller sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento	215	145	2023
<b>RUGBY UNIÓN</b>	Allometric scaling for normalizing maximal oxygen uptake in elite rugby union players	214	85	2023
<b>SALUD</b>	Rehabilitación mediante ejercicio de alta intensidad en las fases tempranas del ictus: revisión sistemática y metaanálisis	218	339	2023
<b>SELECCIÓN DE INJERTO</b>	El deporte como condicionante en la elección del tipo de plastia en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior epidemiológica y análisis de la situación actual	214	99	2023
<b>SIMULADOR DE VELA</b>	Perfil de rendimiento de regatistas de élite de clase ILCA. Diferencias entre hombres y mujeres	216	194	2023
<b>SÍNDROME DOLOROSO DEL TROCÁTER MAYOR</b>	Síndrome doloroso del trocánter mayor (SDTM): enfoque multifactorial actualizado	215	162	2023
<b>SOCCER</b>	Hemodynamic and motion demands of soccer referees: a comparison between series A and B of the State Championship of Rio de Janeiro, Brazil	216	222	2023
<b>SOMATOTYPES</b>	Body composition and somatotype of athletes in the chilean sport talent development program	214	113	2023
<b>SPORTS</b>	Body composition and somatotype of athletes in the chilean sport talent development program	214	113	2023
<b>SQUEEZE TEST</b>	Funcionalidad y fuerza de aductores en jugadores de hockey sobre patines de alto nivel	216	229	2023
<b>SUJETOS SANOS</b>	Análisis de la respuesta de los equivalentes respiratorios para los gases. Significación fisiológica	218	354	2023
<b>TAMAÑO CORPORAL</b>	Allometric scaling for normalizing maximal oxygen uptake in elite rugby union players	214	85	2023
<b>TEST DE FATIGA</b>	Perfil de rendimiento de regatistas de élite de clase ILCA. Diferencias entre hombres y mujeres	216	194	2023
<b>TIBIAE</b>	Effect of tibial tunnel diameter on the outcome of ACL reconstruction	214	107	2023
<b>TRABECULAR BONE</b>	Effect of tibial tunnel diameter on the outcome of ACL reconstruction	214	107	2023
<b>TRAINING LOAD</b>	Autonomic responses and internal load analysis through acute assessment of heart rate variability after a high-intensity functional training session	215	155	2023
<b>TRATAMIENTOS</b>	Síndrome doloroso del trocánter mayor (SDTM): enfoque multifactorial actualizado	215	162	2023
<b>TREN INFERIOR</b>	La combinación de calentamiento activo y pasivo como método para incrementar la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda	214	94	2023
<b>TRIAxIAL ACCELEROMETRY</b>	Ankle active range of motion as an essential factor of footwork technique in the prevention of overuse injuries in flamenco dancers	214	77	2023
<b>UMBRAL VENTILATORIO</b>	Evaluación del consumo máximo de oxígeno pre y post COVID-19 en futbolista de élite en Argentina	216	217	2023
<b>WELL-BEING</b>	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part I)	216	200	2023
	A systematic review on the application of Aikido as a psychosomatic tool in therapeutic setting (Part II)	216	208	2023
<b>Y-BALANCE TEST</b>	Performance of young female ballet dancers' dominant and non-dominant lower limbs during hop and Y-balance testing	218	332	2023
<b>YOUNG FEMALE DANCERS</b>	Performance of young female ballet dancers' dominant and non-dominant lower limbs during hop and Y-balance testing	218	332	2023

# Índice de autores 2023

Autor	Número	Página	Año
<b>A</b>			
ABIÁN, PABLO	215	131	2023
ABIÁN-VICÉN, JAVIER	215	131	2023
ABURTO-CORONA, JORGE A.	214	94	2023
AEDO-MUÑOZ, ESTEBAN	214	113	2023
AGATTI, EDUARDA	218	332	2023
AGORRETA, LUIS F.	214	85	2023
ALARCÓN RIVERA, MIGUEL	213	17	2023
ÁLVAREZ-GARRIDO, HELENA	217	241	2023
ANDRÉS PUERTAS, MELCHOR JESÚS	215	128	2023
ARANDA, CLAUDIO	218	326	2023
ARCE-MORENO, JESÚS	216	200	2023
ARCE-MORENO, JESÚS	216	208	2023
ARCHANCO OLCESÉ, MIGUEL	217	241	2023
ARGUELLO GUTIÉRREZ, YENNY P.	218	349	2023
ARMSTRONG, ROSS	214	77	2023
ARNAUDAS ROY, CARMEN	217	241	2023
ARRIAZA LOUREDA, RAFAEL	217	241	2023
ASTORGA VERDUGO, SEBASTIÁN	213	17	2023
AYALA MEJÍAS, JUAN D.	214	99	2023
AYMARD, ADRIÁN	218	326	2023

<b>B</b>			
BAHAMONDES-ÁVILA, CARLOS	214	113	2023
BAPTISTA DA SILVA, JURANDIR	216	222	2023
BARRIOS, MÁXIMO	213	30	2023
BARROS CONTRERAS, MARTA	215	139	2023
BECERRA PEDRAZA, DIEGO A.	218	349	2023
BELLVER VIVES, MONTSERRAT	217	241	2023
BETEGÓN, COVADONGA	214	107	2023
BLAJMAN, JESICA E.	213	30	2023
BLASCO REDONDO, RAQUEL	215	128	2023
BLASCO REDONDO, RAQUEL	217	241	2023
BOGADO, DIEGO J.	213	30	2023
BORAITA PÉREZ, ARACELI	217	241	2023
BORBA NEVES, EDUARDO	216	222	2023
BRANDÃO PINTO DE CASTRO, JULIANA	216	222	2023
BRAVO-SÁNCHEZ, ALFREDO	215	131	2023
BROTONS CUIXART, DANIEL	217	241	2023
BRUGADA TERRADELLAS, JOSEP	217	241	2023
BRUZZESE, MARTIN FERNANDO	216	217	2023

<b>C</b>			
CAAMAÑO-NAVARRETE, FELIPE	214	113	2023
CALATAYUD PÉREZ, JUAN	217	241	2023
CALDERÓN MONTERO, FRANCISCO JAVIER	218	354	2023
CANDA, ALICIA S.	214	85	2023
CÁRCAMO-OYARZÚN, JAIME	214	113	2023
CÁRDENAS LEÓN, ARIDANE	217	241	2023
CASTILLO-QUEZADA, HUMBERTO	213	24	2023
CASTRO FLORES, ALFREDO	214	94	2023
CASTRO JIMÉNEZ, LAURA E.	218	349	2023
CAUSÍN FÓRNEA, IRIA	218	339	2023
CHIACCHIO SIEIRA, MIGUEL	217	241	2023
CHICOY-GARCÍA, ION	216	194	2023
CORREA GONZÁLEZ, GONZALO MARÍA	217	241	2023
CORREA GONZÁLEZ, GONZALO	216	191	2023

<b>D</b>			
DE LA CALLE, OMAR	216	229	2023
DE LA IGLESIA, ROCÍO	215	139	2023

Autor	Número	Página	Año
DE LIMA E SILVA, LEANDRO	216	222	2023
DE OLIVEIRA SANT'ANA, LEANDRO	215	155	2023
DEL VALLE SOTO, MIGUEL	217	241	2023
DEL VALLE SOTO, MIGUEL	216	229	2023
DELGADO-FLOODY, PEDRO	214	113	2023
DIEZ SOLÓRZANO, PEDRO	218	339	2023

<b>E</b>			
ECHANDÍA, NICOLÁS ANTONIO	216	217	2023
EDUARDO BAZÁN, NELIO	216	217	2023
ELÍAS RUIZ, VICENTE	217	241	2023
ENCARNACIÓN-MARTÍNEZ, ALBERTO	216	194	2023
ESPINOZA-GUTIÉRREZ, ROBERTO	214	94	2023
EVMEENKO, ANASTASIA	215	155	2023

<b>F</b>			
FANG, KE WU	213	40	2023
FERNANDEZ-LAZARO, CESAR I.	213	9	2023
FERNANDEZ-LAZARO, CESAR I.	215	145	2023
FERNÁNDEZ-LÁZARO, DIEGO	213	9	2023
FERNÁNDEZ-LÁZARO, DIEGO	215	145	2023
FERRER LÓPEZ, VICENTE	217	241	2023
FRANCO BONAFONTE, LUIS	217	241	2023

<b>G</b>			
GALMÉS SUREDA, BERNARDO J.	217	241	2023
GARCÍA ZAPICO, PEDRO	217	241	2023
GARCIA, GASTÓN CESAR	216	217	2023
GASPAR CELIS, FRANCISCO	214	94	2023
GAZTAÑAGA AURREKOETXEA, TERESA	217	241	2023
GOMES DE SOUZA VALE, RODRIGO	216	222	2023
GÓMEZ MIRANDA, LUIS M.	214	94	2023
GÓMEZ-LOZANO, SEBASTIÁN	214	77	2023
GÓMEZ-LOZANO, SEBASTIÁN	216	200	2023
GÓMEZ-LOZANO, SEBASTIÁN	216	208	2023
GONZÁLEZ LAGO, LUIS	217	241	2023
GONZALEZ SANMAMED, ALEJANDRA	215	162	2023
GRAZIOLI, GONZALO	217	241	2023
GUTIÉRREZ ORTEGA, FERNANDO	217	241	2023
GUTIÉRREZ PÉREZ, WILSON D.	218	349	2023
GUZMÁN MUÑOZ, EDUARDO	213	17	2023
GUZMÁN MUÑOZ, EDUARDO	213	17	2023

<b>H</b>			
HAO TU, YAN	213	40	2023
HERNÁNDEZ NORIEGA, CRISTÓBAL	214	94	2023
HERNÁNDEZ-MOSQUEIRA, CLAUDIO	213	24	2023
HERNÁNDEZ-MOSQUEIRA, CLAUDIO	214	113	2023
HURTADO-GUAPO, MARIA ANTONIA	216	200	2023
HURTADO-GUAPO, MARIA ANTONIA	216	208	2023

<b>J</b>			
JEREZ-MAYORGA, DANIEL	214	113	2023
JIMÉNEZ DÍAZ, FERNANDO	217	241	2023
JIMÉNEZ MANGAS, RICARDO	217	241	2023
JIMÉNEZ, FERNANDO	215	131	2023

<b>K</b>			
KELLY-LAHON, CLARE	216	200	2023
KELLY-LAHON, CLARE	216	208	2023
KOZLOVA, ELENA	213	40	2023

Autor	Número	Página	Año	Autor	Número	Página	Año
<b>L</b>							
LABRIN, PILAR	213	24	2023	PINHEIRO, MELINA Y.	218	326	2023
LAGOS, LEONARDO	213	17	2023	PIÑAS BONILLA, INÉS	215	131	2023
LEILANE SILVA, MAGNA	216	222	2023	<b>Q</b>			
LEÓN, KIKO	216	200	2023	QUINTANA-BARCIA, COVADONGA	214	107	2023
LEÓN, KIKO	216	208	2023	QUINTANA-CEPEDAL, MARCOS	216	229	2023
LIRA SAMANO, BRANDON	214	94	2023	QUIRÓZ, VALERIA N.	213	30	2023
LIU, HUI	214	77	2023	<b>R</b>			
LIZARRAGA SAINZ, KEPA	217	241	2023	RABADÁN, MANUEL	214	85	2023
LORCA GARNERO, JERONI	217	241	2023	RAMÍREZ-DE LA CRUZ, MARÍA	215	131	2023
LÓPEZ-PLAZA, DANIEL	215	173	2023	RAMOS ÁLVAREZ, JUAN JOSÉ	218	323	2023
LOUZÁN, SILVIA E.	218	326	2023	RODRÍGUEZ, CRISTINA	214	107	2023
LUENGO FERNÁNDEZ, EMILIO	217	241	2023	ROSAS-MANCILLA, MARCELO	214	113	2023
<b>M</b>				RUALES HERRERA, DAVID ALEJANDRO	215	173	2023
MACEDO VIANNA, JEFERSON	215	155	2023	RUBIO PÉREZ, FRANCISCO JAVIER	213	6	2023
MACHADO, SÉRGIO	215	155	2023	RUIZ FERNÁNDEZ, MARÍA LUISA	215	162	2023
MAESTRO, ANTONIO	214	107	2023	<b>S</b>			
MAMANI, ELISA N.	213	30	2023	SACILOTO TADIELLO, GERSON	218	332	2023
MANONELLES MARQUETA, PEDRO	217	241	2023	SAINZ, LUCIA	214	85	2023
MANUZ GONZÁLEZ, BEGOÑA	217	241	2023	SALUM DE GODOY, ERIK	216	222	2023
MANZANARES, AARÓN	216	194	2023	SALVADOR MARÍN, JORGE	214	99	2023
MARINA-BREYSSE, MANUEL	214	85	2023	SÁNCHEZ MARTÍNEZ, JOSÉ	217	241	2023
MARTÍNEZ ARAYA, ALDO	213	17	2023	SÁNCHEZ RAMOS, ÁNGEL	217	241	2023
MARTÍNEZ GONZÁLEZ-MORO, IGNACIO	217	241	2023	SÁNCHEZ, ISABEL A.	218	349	2023
MARTÍNEZ STENGER, RODRIGO A.	213	30	2023	SANTAMARÍA, GEMA	215	145	2023
MARTÍNEZ-SALAZAR, CRISTIAN	214	113	2023	SANTIAGO, GONZALO M.	213	30	2023
MEDINA-SÁNCHEZ, MARÍA	216	229	2023	SANTOS TEIXEIRA, DIOGO	215	155	2023
MEDINA-SÁNCHEZ, MARÍA	218	339	2023	SECO-CALVO, JESÚS	215	145	2023
MONSERRAT, SILVIA	217	241	2023	SEGADO, FRANCISCO	216	194	2023
MONTALVO ZENARRUZABEITIA, ZIGOR	217	241	2023	SEGURA CASADO, LUIS	217	241	2023
MOREIRA NUNES, RODOLFO DE ALKIMIM	216	222	2023	<b>T</b>			
MORILLAS MARTÍNEZ, JUAN MIGUEL	217	241	2023	TERRADOS CEPEDA, NICOLÁS	217	241	2023
MUÑOZ FARJAS, ELENA	217	241	2023	TERREROS BLANCO, JOSÉ LUIS	217	241	2023
MUÑOZ, MARIO	213	17	2023	TORRES, VICTORIA	213	24	2023
<b>N</b>				<b>V</b>			
NOVELLA MARÍA-FERNÁNDEZ, FERNANDO	217	241	2023	VALDÉS BADILLA, PABLO	213	17	2023
<b>O</b>				VARELA DE CASTRO, ELIANA	218	332	2023
OCEJO VIÑALS, CONCEPCIÓN	217	241	2023	VARGAS-MACÍA, ALFONSO	214	77	2023
OLMEDILLAS, HUGO	216	229	2023	VARGAS-MACÍAS, ALFONSO	216	200	2023
OLMEDILLAS, HUGO	218	339	2023	VARGAS-MACÍAS, ALFONSO	216	208	2023
ONETO, ADRIANA J.	218	326	2023	VIÇOSA BONETTI, LEANDRO	218	332	2023
ONTANILLA BAYÓN, IRIS	218	339	2023	<b>W</b>			
ORIZAOLA PAZ, JOSÉ LUIS	217	241	2023	WANG, WEI	213	40	2023
ORTIZ CORCHUELO, CAMILA A.	218	349	2023	WIPRICH, MELISSA TALITA	218	332	2023
<b>P</b>				<b>Y</b>			
PALMA, CARINA S.	213	30	2023	YAGAMA PARRA, CRISTIAN D.	218	349	2023
PARIS, NICOL	213	24	2023	<b>Z</b>			
PEDRERO-MARTIN, YOLANDA	216	229	2023	ZHANG, NINGYI	214	77	2023
PEDRUELO FRAILE, ANA	218	339	2023				
PÉREZ ZAZUETA, MARTÍN	214	94	2023				
PEVERINI, AGUSTINA	218	326	2023				

## Lista de revisores evaluadores externos de los artículos recibidos en 2023 en Archivos de Medicina del Deporte

Abenza, Lucia (*Universidad Católica San Antonio de Murcia, España*)

Alacid Cárceles, Fernando (*Universidad de Almería, España*)

Alarcón-Rivera, Miguel (*Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia*)

Aparecida Doimo, Leonice (*Universidade Federal de Viçosa, Brasil*)

Arboleda, Santiago (*Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador*)

Baena Chicón, Irene (*Conservatorio superior de danza María de Ávila, Madrid, España*)

Bonetti, Leandro (*Universidade de Caxias do Sul, Brasil*)

Braga de Mello, Danielli (*Escola de Educação Física do Exército, Rio de Janeiro, Brasil*)

Castillo Alvira, Daniel (*Universidad de Valladolid, España*)

Castro, Aurora (*Universidad de Sevilla, España*)

Cortina Núñez, Manuel (*Universidad de Córdoba, España*)

Di Carlo, María Beatriz (*Universidad de Buenos Aires, Argentina*)

Dziworski, August (*Universidad de Cracovia, Polonia*)

Haas, Aline N. (*Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*)

Manuz González, Begoña (*Centro Médico Deportivo Begoña Manuz González, Torrelavega, España*)

Martínez-Rodríguez, Alejandro (*Universidad de Alicante, España*)

Montealegre Esmeral, Leslie (*Universidad Libre, Bogotá, Colombia*)

Moreno Flores, Pedro Julián (*Universidad de Colima, México*)

Nodari-Junior, Rudy José (*Salus Dermatoglifa, Joaçaba, Brasil*)

Peidro, Roberto (*Universidad Favaloro, Buenos Aires, Argentina*)

Penichet Tomas, Alfonso (*Universidad de Alicante, España*)

Quero Calero, Carmen (*Universidad Católica San Antonio de Murcia, España*)

Repetto, Esteban (*Universidad de Buenos Aires, Argentina*)

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

Romero Arenas, Salvador (*Universidad Católica San Antonio de Murcia, España*)

Sanchis Sanchis, Roberto (*Universidad de Valencia, España*)

Smew, Sabrin (*Escuela de tecnología, Brasil*)

Soler, Isabel (*Universidad de Granada, España*)

Soto García, Diego (*Universidad de León, España*)

Suárez, David (*Universidad de León, España*)

Thomazotti Berard, Lucas (*Universidade de São Paulo, Brasil*)

Valenti, Claudia (*Universidad de Buenos Aires, Argentina*)

La dirección de Archivos de Medicina el Deporte desea agradecer a todos su desinteresada colaboración.

# Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

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

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

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

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

## Envío de manuscritos

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

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

Después se escribirá el texto del trabajo y la bibliografía.

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

Las citas bibliográficas se expondrán del modo siguiente:

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

## Ética

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

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

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

# Campaña de aptitud física, deporte y salud



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

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



# BIOALTITUDE® V100

## EJERCICIO EN HIPOXIA PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO



Válido para realizar  
Ejercicio en Hipoxia

### Datos Técnicos - Bioaltitude® V100

**HIPOXIA:** Flujo: 40 - 100 L/min - Concentración de O<sub>2</sub>: 8,5% - 20%  
Flujo promedio máximo: 100 L/min.  
Flujo pico máximo: 140 l/min

**HIPEROXIA:** Flujo: 0 - 15 L/min  
Concentración de O<sub>2</sub>: 70% - 93%

**TIPO DE HIPOXIA:** Dormir / Reposo / Ejercicio / Sprints repetidos (RSH)

**MÉTODO:** Separación del aire por método físico

**AIRE HIPERÓXICO:** Sí. hasta 15 L/min

**MEDIDAS / PESO:** 34,4 x 30,6 x 56,5 cm / 20 Kg

**NIVEL SONORO:** <50 dB

**BOLSA DE EXPANSIÓN:** Incluida. 60 litros de capacidad.  
Opcional hasta 240 litros.

**TUBOS:** 2 x 3 m

**GARANTÍA:** 3 años o 5000 horas, en nuestras instalaciones

**MANTENIMIENTO:** Mínimo (limpieza de filtros y reemplazo filtro  
Hepa cada 6 meses)

**PESO:** 20 kilos



### OTROS GENERADORES



400 x 365 x 650 mm  
31 Kilos



318 x 191 x 520 mm  
11 Kilos



760 x 540 x 1390 mm - 120 Kilos