

Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

221

Volumen 41 (3)
Mayo - Junio 2024



ORIGINALES

Efectos del ejercicio acuático en variables relacionadas con la composición corporal en niños y adolescentes: revisión sistemática

Ejercicios de fuerza en pacientes que van a ser intervenidos de artroplastia de rodilla mediante cirugía "Fast-track": un estudio aleatorizado controlado

Promoción del AOVE como ayuda ergogénica en el deportista

Entrenamiento pliométrico con restricción del flujo sanguíneo y potencia muscular de adultos no entrenados

Assessment of salivary parameters and oral microbiota in amateur swimmers

REVISIÓN

Lactate responses in high-intensity interval training sessions and their metabolic implications in different protocols: an integrative review





UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia

Campus de los Jerónimos,
Nº 135 Guadalupe 30107

(Murcia) - España

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



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA

Sociedad Española de Medicina del Deporte

Junta de Gobierno

Presidente

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^a 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

Ana Larma Vela

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.

Archivos

de medicina del deporte

Volumen 41(3) - Núm 221. Mayo - Junio 2024 / May - June 2024

Sumario / Summary

Editorial

Composición corporal, índice de masa corporal y masa grasa relativa
Body composition, body mass index, and relative fat mass

Ignacio Martínez González-Moro 117

Originales / Original articles

Efectos del ejercicio acuático en variables relacionadas con la composición corporal en niños y adolescentes: revisión sistemática
Effects of aquatic exercise on body-composition variables in children and adolescents: a systematic review

Daniel González-Devesa, Miguel Adriano Sanchez-Lastra, Daniel Meis-García, Carlos Áyan-Pérez 120

Ejercicios de fuerza en pacientes que van a ser intervenidos de artroplastia de rodilla mediante cirugía "Fast-track": un estudio aleatorizado controlado
Resistance exercises in patients whose knee is going to be operated of arthroplasty with Fast-track surgery: randomized controlled trial

M^a Teresa Gutiérrez Giménez 132

Promoción del AOVE como ayuda ergogénica en el deportista
Promotion of EVOO as an ergogenic aid for athletes

Laura Gil-Caselles 141

Entrenamiento pliométrico con restricción del flujo sanguíneo y potencia muscular de adultos no entrenados
Plyometric training with blood flow restriction and muscle power of untrained adults

Roberto C. Rebolledo-Cobos, Emerson Navarro-Castillo, Yoly Yepes-Charris, Eulalia Amador Rodero, Jerri Luiz Ribeiro, Thiago Rozales Ramis, Moacir Marocolo, André de Assis Lauria, Bruno C. Teixeira 148

Assessment of salivary parameters and oral microbiota in amateur swimmers
Evaluación de los parámetros salivales y de la microbiota oral de nadadores aficionados

Sandra Regina Santos Meyfarth, Mariana Gouvêa Latini Abreu, Pedro Antônio da Silva Moura, Rodrigo Von Held Marques, Helvécio Cardoso Corrêa Póvoa, Natalia Lopes Pontes Póvoa Iorio, Livia Azeredo Alves Antunes, Leonardo Santos Antunes 155

Revisión / Review

Lactate responses in high-intensity interval training sessions and their metabolic implications in different protocols: an integrative review

Respuestas del lactato en sesiones de entrenamiento interválico de alta intensidad y sus implicaciones metabólicas en diferentes protocolos: una revisión integradora

Leandro Sant'Ana, Moacir Marocolo, Anderson Meirelles, Géssica Tolomeu de Oliveira, Hiago L.R. Souza, Rhaí André Arriel, Fabiana Rodrigues Scartoni 162

Normas de publicación / Guidelines for authors 167

Composición corporal, índice de masa corporal y masa grasa relativa

Body composition, body mass index, and relative fat mass

Ignacio Martínez González-Moro

Especialista en Medicina de la E.F. y el Deporte.

Profesor Titular de la Universidad de Murcia. Grupo de Investigación Ejercicio Físico y Rendimiento Humano.

Director GREACC de SEMED.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00164

Desde los orígenes de la Medicina del Deporte una de sus funciones ha sido la de valorar el tamaño, la forma, la proporcionalidad y la composición corporal. Esto se ha realizado desde diferentes orientaciones, entre las que podemos destacar la selección de talentos deportivos, la optimización del entrenamiento, la mejora del rendimiento deportivo y la valoración del riesgo cardiovascular. Para cumplir esta función se adoptó a la antropometría como herramientas para dotar de un método científico a la toma de mediciones y sus interpretaciones, expresándose frecuentemente con el nombre de cineantropometría y estableciéndose diferentes consensos para su estandarización¹.

A lo largo de los años se han ido desarrollando y perfeccionando múltiples técnicas y procedimientos antropométricos para cuantificar los aspectos relacionados con la composición y la forma corporal². Recordamos el clásico somatotipo de Sheldon, el método del Phantom para la proporcionalidad de los segmentos corporales, los sumatorios de pliegues o las distintas ecuaciones para calcular el porcentaje de grasa (Siri, Faulkner, Carter, Yuhasz...). Para esta última cuestión, el cálculo del porcentaje de grasa, se han publicado varias decenas de ecuaciones, unas más genéricas y otras para poblaciones más específicas, con numerosas variables, coeficientes y constantes que hacen difícil la comparación y la interrelaciones entre ellas. En paralelo a ello la tecnología nos ha ido dotando de diversos procedimientos para determinar la masa grasa y la masa muscular, con una intervención mínima por parte del explorador, pero con una notable preparación del paciente, entre ellos están la bioimpedancia, la resonancia magnética, la tomografía y la densitometría. Estos avances técnicos y tecnológicos, que podrían considerarse como un aspecto favorable, hacen que se complique la adquisición de datos, su interpretación y la comparación entre estudios. La gran oferta de equipos, marcas, modelos y técnicas

con la presencia de ecuaciones y valores de referencia diferentes según cada uno, hacen que no todos podamos disponer de todo y que cada centro o investigador tenga sus propios valores de referencia. Por otro lado, esto ha dado lugar a muchos estudios que han buscado la relación entre técnicas y procedimientos y a una compleja conversión de valores y que al final, desde un punto de vista práctico, solo se puede comparar con fiabilidad lo semejante y que algo que podría ser preciso se quede en aproximado.

Tratando de simplificar y de buscar un referente amplio, la organización Mundial de la Salud asumió el, hasta entonces, índice de Quetelet (masa/estatura²), como medida para valorar el estado nutricional y su relación con la salud, llamándole Índice de Masa Corporal (IMC). La clasificación de la OMS para el IMC está enfocada fundamentalmente en detectar y clasificar el sobrepeso asociado al exceso de grasa³. Lo que algunos consideran una ventaja (mismos valores de referencia para hombres y mujeres, independiente de la edad y del nivel de actividad física) de este índice es para otros su crítica más certera. El cálculo de este índice se viene utilizando en la mayoría de los trabajos científicos relacionados con la salud pública, la nutrición y la medicina y las ciencias de deporte. Esto quizás se debe, además de a la "etiqueta OMS", a la inercia de la tradición en la descripción de las poblaciones de nuestros estudios y a la facilidad de su cálculo e interpretación. Lamentablemente, la mayoría de los lectores de estos trabajos no hemos sido críticos con lo que se nos muestra junto a un valor de IMC en una población de sujetos sanos, no obesos y deportistas. Por ejemplo: ¿Qué aporta a un trabajo realizado con una población de triatletas conocer su IMC? o ¿para qué le sirve a joven judoka que le demos el valor del IMC? Es lógico pensar que un deportista, con una aceptable masa muscular, va a tener un IMC elevado (el músculo pesa y la báscula no discrimina lo que está pesando) y no por ello tiene un sobrepeso u obesidad. Por ello,

Correspondencia: Ignacio Martínez González-Moro

E-mail: igmartgm@um.es

el valor del IMC y su interpretación según la clasificación de la OMS no tiene interés ni utilidad en los deportistas.

Cuando se describe una población de deportistas con el IMC se está usando una herramienta inadecuada, sobre todo si no se complementa con otros datos. Estos datos pueden ser el porcentaje de masa grasa o de masa musculoesquelética. Para que este porcentaje sea válido debe ser sencillo de obtener y fiable. Creo que esta premisa descarta las técnicas antropométricas con medición de pliegues cutáneos ya que su complejidad técnica y variabilidad interobservador las hace escasamente creíbles en manos poco formadas. Además, la multitud de fórmulas utilizables hace que sean difícilmente comparables los datos. La otra alternativa, cada vez más usada, sería el aportar datos obtenidos por bioimpedancia en los que la variabilidad interobservador es más pequeña, pero las diferencias entre los datos proporcionados por los diferentes aparatos hacen que tengan un error intrínseco alto. Por otro lado, desde hace pocos años tenemos una tercera alternativa que es la determinación de la masa grasa relativa (MGR), evolución ligeramente sofisticada de la clásica relación cintura/talla.

Este concepto, MGR, fue descrito por Woolcott y Bergman en 2018 y aporta ecuaciones diferenciadas por sexo⁴. Su ecuación genérica es $MGR = 64 - (20 * \text{talla}/\text{cintura}) + (12 * \text{sexo})$ [1 en mujeres; 0 en varones]. Para la determinación de las fórmulas de la MGR los autores tuvieron en cuenta diferentes grupos de población y la correlación con absorciometría dual de rayos X (DXA) como referente⁴. Una ventaja importante es que, para su cálculo, además de la talla sólo hay que medir el perímetro de la cintura por lo que los errores de medición, comparado con la obtención de los pliegues cutáneos son muy pocos. La visión geométrica de lo que se está relacionando es mucho más lógica, para interpretar la obesidad, que la del IMC. El concepto de MGR se puede asemejar a un cilindro, por lo que para una misma talla el porcentaje de grasa es mayor en las personas que tienen una mayor cintura y viceversa; un mismo contorno de cintura indica mayor componente graso cuando la estatura es menor. Mientras que el IMC es una masa dividida entre una

superficie, algo difícil de visualizar. También se ha descrito una fórmula adaptada a niños y adolescentes⁵ y cada vez se proporcionan más datos de referencia para diferentes poblaciones y aumenta el número de estudios para validar su uso⁶ y el de los que lo prefieren frente al IMC^{7,8}. Creo que es una opción barata, rápida y fiable para describir a nuestras poblaciones, con o sin el IMC y a la que podríamos dedicar más atención en Medicina del Deporte.

Bibliografía

1. Alvero Cruz JR, Cabañas Armesilla MD, Herrero de Lucas A, Martínez Riaza L, Moreno Pascual C, Porta Manzanido J, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). Versión 2010. *Arch Med Dep.* 2010;27(139):330-44.
2. Costa Moreira O, Alonso-Aubin DA, Patrocinio de Oliveira CE, Candia-Luján R, de Paz JA. Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Arch Med Dep.* 2015;32(6):387-394.
3. World Health Organization. *Obesidad y sobrepeso*. Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index>. Consultado 20 mayo 2024.
4. Woolcott OO, Bergman RN. Relative fat mass (RFM) as a new estimator of whole-body fat percentage - A cross-sectional study in American adult individuals. *Sci Rep.* 2018; 8:10980. doi: 10.1038/s41598-018-29362-1.
5. Woolcott OO, Bergman RN. Relative Fat Mass as an estimator of whole-body fat percentage among children and adolescents: A cross-sectional study using NHANES. *Sci Rep.* 2019;9:15279. doi.org/10.1038/s41598-019-51701-z
6. Guzmán-León AE, Velarde AG, Vidal-Salas M, Urquijo-Ruiz LG, Caraveo-Gutiérrez LA, Valencia ME. External validation of the relative fat mass (RFM) index in adults from north-west Mexico using different reference methods. *PLoS ONE.* 2019;14(12): e0226767. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226767>
7. Cichosz SL, Rasmussen NH, Vestergaard P, Hejlesen O. Is predicted body-composition and relative fat mass an alternative to body-mass index and waist circumference for disease risk estimation? *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews.* 2022;16(9):102590.
8. Rejane Correa, C, Silveira Formolo NP, Dezanetti T, Fina Speretta GF, Araújo Nunes E. Relative fat mass is a better tool to diagnose high adiposity when compared to body mass index in young male adults: A cross-section study. *Clinical Nutrition SPEM.* 2021. 41:225-233. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.12.009>

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

Efectos del ejercicio acuático en variables relacionadas con la composición corporal en niños y adolescentes: revisión sistemática

Daniel González-Devesa¹, Miguel Adriano Sanchez-Lastra^{1,2}, Daniel Meis-García³, Carlos Áyan-Pérez^{1,2}

¹Well-Move Research Group. Galicia-Sur Health Research Institute (IIS Galicia Sur). SERGAS-UVIGO. Vigo. ²Departamento de Didácticas Especiales. Universidad de Vigo. Vigo.

³Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte. Universidad de Vigo. Campus a Xunqueira. Pontevedra.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00165

Recibido: 08/08/2023
Aceptado: 08/03/2024

Resumen

Objetivo: El objetivo de este estudio fue analizar la evidencia científica actual sobre los efectos del ejercicio acuático en variables relacionadas con la composición corporal de niños y adolescentes.

Material y método: Se identificaron artículos publicados hasta marzo de 2022 en seis bases de datos utilizando la siguiente estrategia de búsqueda y palabras clave: ["aquatic exercise"] OR ["water based exercise"] AND ["children"] OR ["weight loss"] OR ["body composition"]. Se evaluó la calidad metodológica utilizando las escalas de *Physiotherapy Evidence Database*, *Methodological Index for Non-Randomized Studies* y *Quality Assessment Tool for Before-After Studies with No Control Group*. Además, se aplicó la escala *Consensus on Exercise Reporting Template* para analizar la calidad de las intervenciones.

Resultados: Se seleccionaron finalmente 8 artículos (349 participantes). Seis de ellos fueron considerados como artículos de "alta" calidad y dos de "baja" calidad. Tras aplicar la escala *Consensus on Exercise Reporting Template* para conocer la calidad de la descripción de las intervenciones, cuatro de ellas fueron calificadas como "buenas", mientras que las otras cuatro fueron calificadas como "malas" o "poco fiables". Los programas de ejercicio acuático demostraron ser eficaces para mejorar variables relacionadas con la composición corporal como el peso, el IMC o el porcentaje de grasa. Además, las variables relacionadas con la capacidad física de los participantes también se encontraron beneficiadas.

Conclusión: La realización de programas de ejercicio acuático parece ser útil para mejorar variables relacionadas con la composición corporal de niños y adolescentes. Además, también podrían ser una intervención valiosa para mejorar las capacidades físicas de estos. Sin embargo, dado que la calidad metodológica de las intervenciones no era alta, es necesario seguir explorando estas relaciones.

Palabras clave:

Adiposidades. Composición corporal.
Ejercicio acuático. Niños.
Pérdida de peso corporal.

Effects of aquatic exercise on body-composition variables in children and adolescents: a systematic review

Summary

Objective: The aim of this study was to analyse the current scientific evidence on the effects of aquatic exercise on variables related to body composition in children and adolescents.

Material and method: Articles published up to March 2022 were identified in six databases using the following search strategy: ["aquatic exercise"] OR ["water based exercise"] AND ["children"] OR ["weight loss"] OR ["body composition"]. Methodological quality was evaluated using the *Physiotherapy Evidence Database*, *Methodological Index for Non-Randomized Studies*, and *Quality Assessment Tool for Before-After Studies with No Control Group* scales. Additionally, the *Consensus on Exercise Reporting Template* was applied to analyse the quality of the interventions.

Results: Finally, 8 studies (349 participants) were selected. Six of them were considered "high" quality and two were "low" quality. After applying the *Consensus on Exercise Reporting Template* to assess the quality of intervention descriptions, four were rated as "good", while the other four were rated as "poor" or "unreliable." Aquatic exercise programs were found to be effective in improving variables related to body composition such as body weight, body mass index, and body fat percentage. Additionally, variables related to the physical capacity of participants were also found to benefit.

Conclusion: The implementation of aquatic exercise programs appears to be useful in improving variables related to body composition in children and adolescents. Additionally, they could be a valuable intervention to improve their physical capabilities. However, given that the methodological quality of the interventions was not high, further exploration of these relationships is necessary.

Key words:

Adiposity. Aquatic therapy.
Body composition.
Child. Weight loss.

Correspondencia: Daniel González-Devesa
E-mail: danidevesa4@gmail.com

Introducción

La obesidad y el sobrepeso en población infantil y adolescente tiene importantes consecuencias para la salud, tanto a corto como a largo plazo. Los niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad tienen un mayor riesgo de desarrollar obesidad, muerte prematura y discapacidad en la edad adulta. Pero además de los riesgos futuros aumentados, los niños obesos experimentan dificultades respiratorias, mayor riesgo de fracturas, hipertensión, marcadores tempranos de enfermedad cardiovascular, resistencia a la insulina y efectos psicológicos¹.

La obesidad y el sobrepeso infantil y adolescente son un problema mundial en aumento. Según la Organización Mundial de la Salud, la cantidad de jóvenes con sobrepeso u obesidad se ha multiplicado por 10 en las últimas cuatro décadas, y se espera que este número siga creciendo¹. En España, se estima que más de un 30% de niños y adolescentes tienen sobrepeso u obesidad².

Por esta razón, es fundamental encontrar estrategias efectivas para prevenir y tratar la obesidad y el sobrepeso en la población infantil y adolescente. La actividad física regular es una de las principales herramientas para contrarrestar esta situación, y se recomienda que los niños y adolescentes realicen al menos 60 minutos de actividad física moderada o vigorosa al día³. En este contexto, el ejercicio acuático puede ser una opción beneficiosa e interesante para promover la actividad física en este colectivo, debido a una serie de ventajas. La actividad física en el agua supone una reducción del impacto en las articulaciones y la disminución del riesgo de lesiones, lo que podría favorecer también la motivación y adherencia⁴. Además, el agua ofrece una resistencia natural que aumenta la intensidad del esfuerzo y el gasto energético, pudiendo favorecer la reducción de grasa corporal y la mejora de la fuerza muscular y la capacidad cardiovascular^{5,6}.

A pesar de las posibles ventajas del ejercicio acuático en la prevención y tratamiento de la obesidad y el sobrepeso en la población infantil y adolescente, es necesario llevar a cabo una revisión sistemática de los estudios existentes sobre este tema. Esto permitiría analizar la efectividad del ejercicio acuático en la prevención y tratamiento de la obesidad y el sobrepeso, así como identificar posibles factores que puedan influir en su efectividad.

El objetivo de esta revisión sistemática de la literatura fue analizar la evidencia científica al respecto de los efectos del ejercicio acuático sobre variables relacionadas con la composición corporal en niños y adolescentes.

Material y método

Esta revisión sistemática fue realizada de acuerdo con las directrices PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) guidelines⁷. Esta revisión fue registrada en el *Open Science Framework* (OSF), <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/HY385>

Estrategia de búsqueda

Se identificaron artículos publicados hasta marzo de 2022 utilizando las siguientes bases de datos: Scopus® (Elsevier B.V.), PubMed (*United States National Library of Medicine*), y SPORTDiscus (EBSCO Industries Inc.). También se recurrieron a otras bases de datos secundarias como Google Académico, Dialnet y ERIC (*Education Resources Information Center*). Se empleó la siguiente estrategia de búsqueda y palabras clave: ["aquatic exercise"] OR ["water based exercise"] AND ["children"] OR ["weight loss"] OR ["body composition"].

Criterios de elegibilidad

Los artículos de investigación se incluyeron o excluyeron utilizando los criterios definidos con el método PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) (Tabla 1), y las búsquedas bibliográficas de la literatura se limitaron a los artículos que proporcionaban información sobre los efectos del ejercicio acuático sobre variables relacionadas con la composición corporal en niños y adolescentes. También se excluyeron las tesis, las disertaciones y los resúmenes y actas de congresos. No hubo restricciones en cuanto al idioma, pero los estudios debían estar escritos en inglés, portugués o español.

Selección de estudios

Dos autores revisaron los títulos y resúmenes de los artículos identificados para comprobar su elegibilidad. Tras revisar de forma independiente los estudios seleccionados para su inclusión, ambos autores los compararon para llegar a un acuerdo. Una vez que llegaron a un acuerdo, se obtuvo una copia del texto completo de cada de cada estudio potencialmente relevante. Si no estaba claro si el estudio cumplía los criterios de inclusión, se buscó el asesoramiento de un tercer autor para lograr el consenso. Además, se revisaron manualmente los textos completos de los estudios que cumplían los criterios de inclusión y diferentes revisiones sistemáticas en busca de otras referencias relevantes.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda y criterios de inclusión/exclusión basados en PICO.

Base de datos	Términos búsqueda	PICO	Criterios inclusión	Criterios exclusión
Scopus PubMed SPORTDiscus Google Académico Dialnet ERIC	["aquatic exercise"] OR ["water based exercise"] AND ["children"] OR ["weight loss"] OR ["body composition"]	<i>Population</i>	Niños y adolescentes	Adultos de mediana edad o personas mayores.
		<i>Intervention</i>	Estrategias ejercicio acuático	La propuesta de intervención acuática estaba combinada con otras terapias. Las intervenciones no se llevaron a cabo en entornos neutros.
		<i>Comparison</i>	Estrategias/condiciones de ejercicio acuático	No hay comparación entre las estrategias estructuradas o la condición de control con resultados previos y posteriores.
		<i>Outcome</i>	Variables relacionadas con la composición corporal	Los resultados no tuvieron en cuenta las relacionadas con la composición corporal. Carecen de datos sobre los efectos de las estrategias de ejercicio acuático.

Extracción de datos

Se extrajeron los detalles generales del título del estudio, los autores y el diseño. Además, se obtuvieron datos disponibles sobre los participantes, características de la intervención, variables analizadas, test utilizados, resultados obtenidos y tasa de adherencia/abandono. Toda esta información se extrajo de los artículos originales por dos de los autores y se creó una tabla descriptiva (Tabla 2). Un tercer investigador supervisó este proceso.

Evaluación de la calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios se llevó a cabo con la utilización de tres escalas diferentes. La calidad metodológica de cada ensayo controlado aleatorizado (ECA) se obtuvo de *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro). Si un ensayo no estaba incluido en PEDro, dos autores valoraron su calidad y los desacuerdos se resolvieron por consenso. Los puntos de corte sugeridos para categorizar los estudios según su calidad fueron: excelente (9-10), bueno (6-8), regular (4-5) y deficiente (≤ 3)⁸. Para determinar la calidad metodológica de los estudios comparativos se utilizó *Methodological Index for Non-Randomized Studies* (MINORS)⁹. Se consideró de alta calidad si la puntuación total

de MINORS era ≥ 17 , mientras que una puntuación total < 17 se consideró de baja calidad¹⁰. Para las intervenciones no controladas se utilizó *Quality Assessment Tool for Before-After Studies with No Control Group* del *National heart lung and blood institute* (NHLBI)¹¹. Se consideró los grados de evidencia como alto, moderado o bajo¹². La calidad metodológica de los estudios comparativos y no controlados fue evaluada por un autor y luego comprobada por un segundo autor. En caso de desacuerdo, se solicitó el asesoramiento de un tercer autor.

Además, se evaluó la calidad de la información reportada en las intervenciones mediante *Consensus on Exercise Reporting Template* (CERT). Se decidió utilizar esta herramienta debido a la heterogeneidad del diseño de los artículos. Se consideró de baja calidad si su puntuación final es ≤ 8 y alta calidad ≥ 9 ¹³.

Resultados

Se obtuvieron 2.011 registros de la búsqueda en la base de datos. Tras excluir los duplicados, examinar los títulos y los resúmenes, 62 artículos fueron recuperados para la evaluación del texto completo. Finalmente, 8 estudios cumplieron los criterios de inclusión y se incluyeron en la revisión sistemática (Figura 1).

Tabla 2. Vaciado descriptivo de los artículos aleatorizados y controlados.

Autor (año), diseño, participantes y tasa de adherencia/abandono	Intervención	Variables (Test)	Resultados
<p>Irandoust et al. (2020) Diseño: ECA Participantes (n; condición; género): 71 (59); niños; M (G1 = 20; G2 = 19; CON = 20)</p> <p><i>Edad, años (media; DE):</i> G1 = 8,91 \pm 1,21; G2 = 9,30 \pm 1,30; CON = 8,95 \pm 1,15 <i>Altura, cm (media; DE):</i> G1 = 135,40 \pm 7,38; G2 = 133,82 \pm 5,17; CON = 133,87 \pm 5,66 <i>Peso, kg (media; DE):</i> G1 = 39,92 \pm 6,62; G2 = 39,52 \pm 6,16; CON = 39,20 \pm 4,49 <i>Porcentaje grasa, % (rango):</i> >25 IMC, kg/m² (media; DE): G1 = 29,39 \pm 3,84; G2 = 29,44 \pm 3,67; CON = 29,28 \pm 2,95</p> <p>Tasa de abandono (n; razones): 12; (9 = no cumplen criterios de inclusión y 3 por ausencia a las sesiones)</p>	<p>Frecuencia: 3 sesiones/semana Duración: 4 semanas</p> <p>G1: Grupo de videojuegos Descripción: Combinación de juegos (<i>Wii Sports, Kinect Ultimate Sports, Wii Fit and Just Dance</i>) Volumen: 60 min Intensidad: 50–70 % FCR (11–13 RPE)</p> <p>G2: Grupo de ejercicio acuático Descripción: – 5 min. Calentamiento: Movimientos de estiramiento, marcha estática, trote en el sitio, pasos de lateral a lateral. – 50–60 min. Parte principal: Jumping jacks, rodillas altas, puñetazos jab, patadas rápidas, patadas hacia atrás, correr vueltas y saltos con rotación. – 10 min. Vuelta a la calma: Estiramientos, juego de pelota, relajación y respiración profunda. Volumen: 65–75 min Intensidad: Calentamiento: 40–50% FCR (7–9 RPE); Parte principal: 50–70% FCR (11–13 RPE), Vuelta a la calma: 40–50% FCR (7–9 RPE)</p> <p>CON Descripción: No realizó ninguna AF organizada</p>	<p>Medidas antropométricas Peso corporal (kg) Porcentaje grasa (%) WHR IMC (kg/m²)</p> <p>Medidas capacidad física <i>Función muscular:</i> – FVC (ml) – FEV₁ (ml)</p> <p>Medidas perceptivas RPE- Escala de Borg (6-20)</p>	<p>Intra-grupo (p < 0,05) Peso corporal \downarrow en G1 (pre-intervención vs seguimiento y post-intervención vs seguimiento) Peso corporal \downarrow en G2 (pre-intervención vs seguimiento y pre-intervención vs post-intervención) IMC \downarrow en G1 (pre-intervención vs seguimiento, pre-intervención vs post-intervención y post-intervención vs seguimiento) IMC \downarrow en G2 (pre-intervención vs seguimiento, pre-intervención vs post-intervención) FVC \uparrow en G1 (pre-intervención vs seguimiento y pre-intervención vs post-intervención) FVC \uparrow en G2 (pre-intervención vs seguimiento y pre-intervención vs post-intervención)</p> <p>Inter-grupo (p < 0,05) > Peso corporal en CON que en G1 y G2 en el seguimiento y post-intervención > WHR en CON que en G1 y G2 > IMC en CON que en G1 y G2 en el seguimiento y post-intervención > FVC en G1 y G2 que en CON en el seguimiento y post-intervención > FEV₁ en CON que en G1 y G2 en el seguimiento y post-intervención</p>

(continúa)

Tabla 2. Vaciado descriptivo de los artículos aleatorizados y controlados (continuación).

Autor (año), diseño, participantes y tasa de adherencia/abandono	Intervención	Variables (Test)	Resultados
<p>Honório et al. (2018) Diseño: ECA Participantes (n; condición; género): 28; niños que practicaban natación; NR (G1 = 9; G2 = 19)</p> <p><i>Edad, años (rango):</i> 6-12 <i>Altura, cm (media; DE):</i> G1 = NR; G2 = 130,32 ± 7,80 <i>Peso, kg (media; DE):</i> G1 = 23,7 ± 3,64; G2 = 29,6 ± 6,15 <i>Porcentaje grasa, % (media; DE):</i> G1 = 18,4 ± 2,66; G2 = 17,6 ± 3,57 <i>IMC, kg/m² (media; DE):</i> G1 = 15,4 ± 1,72; G2 = 17,3 ± 2,37</p> <p>Tasa de abandono (n; razones): NR</p>	<p>Frecuencia: 2 sesiones/semana Duración: 12 semanas</p> <p>G1: Grupo de natación Descripción: Clases de natación Volumen: 45 min Intensidad: NR</p> <p>G2: Grupo de natación + marcha acuática Descripción: 39 min, clases de natación + 6 min de marcha acuática al final de cada sesión (agua a la altura del pecho) Volumen: 45 min Intensidad: NR</p>	<p>Medidas antropométricas Peso corporal (kg) Porcentaje grasa (%) Masa muscular (kg) Porcentaje agua (%) Perímetro cintura (cm) IMC (kg/m²) Percentiles IMC (kg/m²)</p> <p>Medidas capacidad física <i>Función muscular:</i> – FVC (ml) – FEV₁ (ml) – PEF (ml)</p> <p>Medidas perceptivas RPE (Escala de Borg, 6-20)</p>	<p>Intra-grupo (p <0,05) Peso corporal ↑ en G1 en la semana 12 en comparación con el inicio (23,7 ± 3,64 vs 25,5 ± 4,38 kg) Peso corporal ↑ en G2 en la semana 6 (30,1 ± 6,01 kg) y 12 (30,4 ± 6,05 kg) en comparación con el inicio (29,6 ± 6,14 kg) Porcentaje grasa ↑ en G2 en la semana 12 en comparación con el inicio (17,6 ± 3,57 vs 17,9 ± 3,70%) Porcentaje agua ↑ en G2 en la semana 12 en comparación con el inicio (56,7 ± 4,21 vs 56,0 ± 4,24%) Perímetro cintura ↑ en G1 en la semana 6 en comparación con el inicio (54,4 ± 5,17 vs 56,3 ± 5,73 cm) IMC ↑ en G1 en la semana 12 en comparación con el inicio (15,4 ± 1,72 vs 16,7 ± 2,70 kg/m²) IMC ↑ en G2 en la semana 6 (17,6 ± 2,22 kg/m²) y 12 (17,8 ± 2,30 kg/m²) en comparación con el inicio (17,3 ± 2,37 kg/m²) Percentiles IMC ↑ en G2 en la semana 12 en comparación con el inicio (59,4 ± 32,4 vs 68,0 ± 29,8 kg/m²) FVC ↑ en G2 en la semana 6 (1,83 ± 0,42 ml) y 12 (1,81 ± 0,41 ml) en comparación con el inicio (1,63 ± 0,49 ml) FEV1 ↑ en G2 en la semana 6 (1,68 ± 0,42 ml) y 12 (1,71 ± 0,39 ml) en comparación con el inicio (1,55 ± 0,47 ml)</p> <p>Inter-grupo (p <0,05) > Peso corporal en G2 que en G1 en la semana 6 (30,1 ± 6,01 vs 24,9 ± 4,54 kg) y en la semana 12 (30,4 ± 6,05 vs 25,5 ± 4,38 kg) > FVC en G2 que en G1 en la semana 6 (1,83 ± 0,42 vs 1,47 ± 0,31 ml) > FEV1 en G2 que en G1 en la semana 6 (1,68 ± 0,42 vs 1,33 ± 0,23 ml) y en la semana 12 (1,71 ± 0,39 vs 1,41 ± 0,26 ml) > PEF en G2 que en G1 en la semana 6 (3,77 ± 1,00 vs 2,88 ± 0,43 ml) y en la semana 12 (3,87 ± 1,02 vs 3,19 ± 0,44 ml)</p>

(continúa)

Tabla 2. Vaciado descriptivo de los artículos aleatorizados y controlados (continuación).

Autor (año), diseño, participantes y tasa de adherencia/abandono	Intervención	Variables (Test)	Resultados
<p>Lopera et al. (2016) Diseño: Comparativo Participantes (n; condición; género): 210 (150); adolescentes; G1 = 28 (11M + 27 F); G2 = 57 (29 M + 28 F); CON = 66 (36 M + 30 F)</p> <p><i>Edad, años (media, DE):</i> G1 = 13,0 ± 1,4; G2 = 13,1 ± 1,9; CON = 13,3 ± 1,9 <i>Altura, cm:</i> NR <i>Peso, kg (media, DE):</i> G1 = 78,3 ± 17,5; G2 = 81,0 ± 17,8; CON = 77,8 ± 16,0 <i>Porcentaje grasa, % (media, DE):</i> G1 = 40,1 ± 7,6; G2 = 44,4 ± 6,6; CON = 43,5 ± 6,4 <i>IMC, kg/m² (media; DE):</i> G1 = 29,2 ± 5,0; G2 = 31,2 ± 4,7; CON = 29,4 ± 4,3</p> <p>Tasa de abandono (n; razones): 80; 59 no completaron el protocolo por problemas de transporte (G1 = 7; G2 = 33; CON = 19), 25 prefirieron otras actividades (G1 = 2; G2 = 23); 10 se desmotivaron (G1 = 2; G2 = 8) y 19 no asistieron a la última sesión (CON = 19)</p>	<p>Frecuencia: 3 sesiones/semana Duración: 16 semanas</p> <p>G1: Grupo de ejercicios acuáticos Descripción: Intervención psicológica + intervención nutricional + programa educativo relacionado con la actividad física + sesión de entrenamiento. – entrenamiento interválico de marcha/carrera en inmersión. – ejercicio de resistencia con equipos acuáticos para simular ejercicios de resistencia. – ejercicios de natación (principalmente crol y espalda) y buceo para coger manuernas y otros objetos. – ejercicios recreativos continuos.</p> <p>Volumen: 60 min Intensidad: NR</p> <p>G2: Grupo de ejercicios en tierra Descripción: Intervención psicológica + intervención nutricional + programa educativo relacionado con la actividad física + sesión de entrenamiento – entrenamiento de resistencia (abdominales, flexiones, sentadillas y ejercicios con balones medicinales). – ejercicios aeróbicos (caminar y correr). – juegos colectivos.</p> <p>Volumen: 60 min Intensidad: NR</p> <p>CON Descripción: No realizó ninguna AF organizada</p>	<p>Medidas antropométricas Peso corporal (kg) Porcentaje grasa (%) Peso libre de grasa (kg) Perímetro cintura (cm) Perímetro cadera (cm) IMC (kg/m²)</p> <p>Medidas capacidad física Fuerza/resistencia abdominal (rep) – Máximos <i>Curl-up</i> en 1 min Flexibilidad (cm)– <i>Sit-and-reach test</i>. VO_{2max} (ml/min/kg) - 20 m <i>Shuttle Run Test</i> o Test Cooper adaptado piscina (m)</p> <p>Medidas perceptivas <i>Calidad de vida - Pediatric Quality of Life Inventory™</i> – Físico – Emocional – Social – Escolar – Psicosocial – Total</p>	<p>Intra-grupo (p <0,05) Peso corporal ↑ en CON (77,8 ± 16 vs 78,6 ± 16,2 kg) Porcentaje grasa ↓ en G1 (40,1 ± 7,6 vs 36,3 ± 8,5%) Porcentaje grasa ↓ en G2 (44,4 ± 6,6 vs 42,0 ± 7,6%) Peso libre de grasa ↑ en CON (41,6 ± 8,7 vs 42,6 ± 8,8 kg) Perímetro cintura ↓ en G1 (87,7 ± 10,5 vs 86,5 ± 10,9 cm) Perímetro cintura ↓ en G2 (91,4 ± 10,9 vs 89,3 ± 10,7 cm) Perímetro cadera ↓ en G1 (106,9 ± 9,5 vs 105,5 ± 8,8 cm) Perímetro cadera ↓ en G2 (109,6 ± 10,9 vs 108,5 ± 10,8 cm) IMC ↓ en G1 (29,2 ± 5 vs 28,1 ± 5,1 kg/m²) IMC ↓ en G2 (31,2 ± 4,7 vs 30,6 ± 4,8 kg/m²) Fuerza/resistencia abdominal ↑ en G1 (18,8 ± 10,4 vs 24,1 ± 10,9 rep) Fuerza/resistencia abdominal ↑ en G2 (20,4 ± 10,8 vs 29,1 ± 11,7 rep) Flexibilidad ↑ en CON (22,1 ± 9,1 vs 24,4 ± 9,8 cm) Flexibilidad ↑ en G1 (21,0 ± 10,1 vs 24,3 ± 9,4 cm) Flexibilidad ↑ en G2 (22,9 ± 11,7 vs 25,7 ± 8,6 cm) VO_{2max} ↑ en G1 (24,2 ± 4,8 vs 26,5 ± 5,7 ml/min/kg) VO_{2max} ↑ en G2 (25,2 ± 5,4 vs 27,9 ± 6,4 ml/min/kg) Físico (percibido) ↑ en G1 (75,8 ± 11,5 vs 81,6 ± 10,5) Físico (percibido) ↑ en G2 (77,7 ± 14,0 vs 83,2 ± 12,6) Social (percibido) ↑ en G2 (77,1 ± 21,7 vs 82,1 ± 17,8) Psicosocial (percibido) ↑ en G2 (73,1 ± 14,5 vs 75,9 ± 14,1) Calidad vida total (percibido) ↑ en G2 (74,3 ± 13,2 vs 78,0 ± 12,6)</p> <p>Inter-grupo (p <0,05) > Bajada de peso corporal en G2 que en CON (–1,7% ± 5,3 vs 1,2% ± 3,3) > Reducción del porcentaje grasa en G2 y G1 que CON (–1,1 ± 4,3%), y > G2 vs G1 (–9,8 ± 7,2 vs –6,1 ± 6,2%) > Aumento del peso libre de grasa en G1 (4,6 ± 4 kg) y G2 (4,4 ± 4,1 kg) que en CON (2,5 ± 3,9 kg) > Aumento de VO_{2max} en G1 (7,3%) y G2 (10,7%) que en CON (2%) > Aumento de fuerza/resistencia abdominal en G2 vs G1 (34,7 vs 26,1%)</p>

(continúa)

Tabla 2. Vaciado descriptivo de los artículos aleatorizados y controlados (continuación).

Autor (año), diseño, participantes y tasa de adherencia/abandono	Intervención	Variables (Test)	Resultados
<p>Pan (2011) Diseño: Comparativo Participantes (n; condición; género): 30 (G1 = 7; TEA; M, G2 = 7; No-TEA; 1M + 6F, G3 = 8; TEA; 8M, G4 = 8; No-TEA; 4M + 4F)</p> <p><i>Edad, años (media, DE):</i> G1 = 9,31 ± 1,67; G2 = 8,89 ± 1,98; G3 = 8,75 ± 1,76; G4 = 7,39 ± 2,94 <i>Altura, cm (media, DE):</i> G1 = 134,89 ± 7,82; G2 = 133,14 ± 16,39; G3 = 135,05 ± 11,27; G4 = 125,11 ± 2,94 <i>Peso, kg (media, DE):</i> G1 = 29,16 ± 3,53; G2 = 28,76 ± 12,59; G3 = 36,05 ± 12,35; G4 = 30,25 ± 15,07 <i>Porcentaje grasa, %: NR</i> <i>IMC, kg/m² (media; DE):</i> G1 = 16,03 ± 1,36; G2 = 15,56 ± 2,18; G3 = 19,41 ± 5,06; G4 = 18,18 ± 3,69</p> <p>Tasa de abandono (n; razones): NR</p>	<p>Duración: 32 semanas; 14 (1ª fase) + 14 (2ª fase) + 4 transición</p> <p>Programa acuático</p> <p>Descripción: – 10 min. Calentamiento social y en suelo. – 35 min. Parte principal: practicaban individualmente o en parejas los objetivos del tratamiento. – 15 min. Parte principal: juegos/ actividades grupales. – 10 min. Vuelta a la calma: actividades de enfriamiento.</p> <p>Volumen: 70 min Intensidad: NR Frecuencia: 2 sesiones/semana</p> <p>G1: Programa acuático (1ª fase) + CON (2ª fase) G2: Programa acuático (1ª fase) + CON (2ª fase) G3: CON (1ª fase) + Programa acuático (2ª fase) G4: CON (1ª fase) + Programa acuático (2ª fase)</p>	<p>Medidas antropométricas Peso corporal (kg) Porcentaje grasa (%) Peso grasa (kg) Peso libre de grasa (kg) IMC (kg/m²)</p> <p>Medidas capacidad física Fuerza/resistencia abdominal (rep) - <i>Curl-up test</i> Flexibilidad (cm) - <i>Sit-and-reach test</i>. VO₂max (ml/min/kg) - PACER (m) Habilidades acuáticas - HAAR checklist – Adaptación mental – Introducción al medio acuático – Giros – Equilibrio y control – Movimiento libre en el agua</p>	<p>Inter-grupo (p <0,05) > <i>Curl ups</i> (30 s) en G1 que en G3 y G4 (12,29 ± 2,93 vs 8,25 ± 3,88 y 8,00 ± 2,62) al final de 1ª fase > <i>Curl ups</i> (60 s) en G2 que en G4 (12,71 ± 3,99 vs 8,00 ± 2,62) al final de 1ª fase > <i>Curl ups</i> (60 s) en G1 y G2 que en G4 (22,57 ± 7,04 y 23,43 ± 7,41 vs 13,63 ± 5,71) al final de 1ª fase > <i>Curl ups</i> (60 s) en G2 que en G3 (22,57 ± 7,04 vs 14,88 ± 6,56) al final de 1ª fase > Puntuación en introducción al medio acuático en G1 y G2 que en G4 (100 ± 0 y 100 ± 0 vs 91,25 ± 8,35) al final de 1ª fase > Puntuación en equilibrio y control en G1 y G2 que en G3 y G4 (96,43 ± 9,45 y 100 ± 0 vs 73,44 ± 24,49 y 57,81 ± 28,30) al final de 1ª fase > Puntuación en movimiento libre en el agua en G1 que en G3 y G4 (83,33 ± 21,52 vs 43,75 ± 36,66 y 33,33 ± 39,84) al final de 1ª fase > Puntuación en movimiento libre en el agua en G2 que en G4 (78,57 ± 23,00 vs 33,33 ± 39,84) al final de 1ª fase</p>
<p>Lee & Oh (2014) Diseño: Comparativo Participantes (n; condición; género): 24 (20); niños (G1 = 10; CON = 10)</p> <p><i>Edad, años (media, DE):</i> G1 = 11,45 ± 2,87; CON = 11,11 ± 1,69 <i>Altura, cm (media, DE):</i> G1 = 127,46 ± 5,37; CON = 126,74 ± 3,25 <i>Peso, kg (media, DE):</i> G1 = 44,53 ± 8,83; CON = 46,73 ± 8,86 <i>Porcentaje grasa, % (media; DE):</i> G1 = 34,45 ± 3,24; CON = 33,92 ± 2,70 <i>IMC, kg/m²: NR</i></p> <p>Tasa de abandono (n; razones): 4; motivos personales o limitaciones físicas</p>	<p>Frecuencia: 3 sesiones/semana Duración: 12 semanas</p> <p>G1: Grupo de ejercicios acuáticos</p> <p>Descripción: – 10 min. Calentamiento: Estiramientos. – 40 min. Parte principal: 1) patada lateral, 2) patada libre, 3) tirón libre, 4) tirón y patada, 5) nado estilo libre, 6) patada de espalda, 7) tirón espalda, 8) tirón y patada, 9) simulacro de estilo libre y espalda, 10) natación a intervalos. – 10 min. Vuelta a la calma: Estiramientos, juego de pelota, relajación y respiración profunda.</p> <p>Volumen: 60 min Intensidad: Calentamiento: 7–9 RPE; Parte principal: 1-6 semanas 50–60% FC_{max} (11–13 RPE) y de 7-12 semanas 60–70% FC_{max} (13–15 RPE), Vuelta a la calma: 7–9 RPE</p> <p>CON Descripción: No realizó ninguna AF organizada</p>	<p>Medidas antropométricas Peso corporal (kg) Porcentaje grasa (%) Peso libre de grasa (kg)</p> <p>Medidas fisiológicas Distensión vascular de manos y pies</p> <p>Medidas capacidad física Fuerza/resistencia abdominal (rep) – <i>Sit-ups</i> Fuerza agarre Flexibilidad (cm) - <i>Sit-and-reach test</i> Resistencia cardiovascular - 20 m <i>Shuttle Run Test</i></p>	<p>Intra-grupo (p <0,05) Peso corporal ↓ en G1 (44,53 ± 4,56 vs 40,80 ± 2,11 kg) Porcentaje grasa ↓ en G1 (34,45 ± 2,28 vs 29,90 ± 1,75%) Peso libre de grasa ↑ en G1 (30,64 ± 1,41 vs 35,34 ± 1,91 kg) Cambio vascular en la pierna derecha ↑ en G1 (361,34 ± 25,66 vs 381,93 ± 16,87) <i>Sit-ups</i> ↑ en G1 (49,49 ± 15,73 vs 60,1 ± 11,54 rep) Flexibilidad ↑ en G1 (6,11 ± 6,34 vs 18,71 ± 9,58 cm) Resistencia cardiovascular ↑ en G1 (13,72 ± 2,45 vs 17,45 ± 2,22 cm)</p> <p>Inter-grupo (p <0,05) > Peso corporal en CON que en G1 (44,38 ± 4,75 vs 40,80 ± 2,11 kg) a las 12 semanas > Porcentaje grasa en CON que en G1 (35,1 ± 1,65 vs 29,90 ± 1,75 %) a las 12 semanas < Peso libre de grasa en CON que en G1 (30,94 ± 1,66 vs 35,34 ± 1,91 kg) a las 12 semanas < Cambio vascular en la pierna derecha en CON que en G1 (349,16 ± 28,24 vs 381,93 ± 16,87) a las 12 semanas < <i>Sit-ups</i> en CON que en G1 (47,6 ± 10,29 vs 60,1 ± 11,54 rep) a las 12 semanas < Flexibilidad en CON que en G1 (11,1 ± 5,89 vs 18,71 ± 9,58 cm) a las 12 semanas < Resistencia cardiovascular en CON que en G1 (13,67 ± 2,17 vs 17,45 ± 2,22) a las 12 semanas</p>

(continúa)

Tabla 2. Vaciado descriptivo de los artículos aleatorizados y controlados (continuación).

Autor (año), diseño, participantes y tasa de adherencia/abandono	Intervención	VARIABLES (Test)	Resultados
<p>Lopes et al. (2021) Diseño: No controlados Participantes (n; condición; género): 22 (18); adolescentes; 13M, 5F <i>Edad, años (media, DE):</i> 13,26 ± 1,27 <i>Altura, cm (media, DE):</i> 164,61 ± 8,85 <i>Peso, kg (media, DE):</i> 85,09 ± 20,81 <i>Porcentaje grasa, % (media; DE):</i> 36,99 ± 5,19 <i>IMC, kg/m² (media; DE):</i> 31,25 ± 6,35</p> <p>Tasa de abandono (n; razones): 2; por enfermedad; 2 no completaron todas las actividades</p>	<p>Frecuencia: 3 sesiones/semana Duración: 12 semanas</p> <p>Programa HIITAQ Descripción: – 10 min. Calentamiento. – 12-24 min. Parte principal: Series HIIT (carrera estática, patadas frontal y esquí) con descansos activos. – Vuelta a la calma: ejercicios recreativos.</p> <p>Volumen: NR Intensidad: 80-95% FC_{max} y 50% FC_{max} durante los periodos de descanso; RPE 7-9</p>	<p>Medidas antropométricas Altura (cm) Peso corporal (kg) Porcentaje grasa (%) Peso libre de grasa (kg) WHR Perímetro cintura (cm) Perímetro cadera (cm) IMC (kg/m²) Z-IMC</p> <p>Medidas fisiológicas Glucosa (mg/dl) Insulina (mg/dl) TC (mg/dl) HDL-C (mg/dl) LDL-C (mg/dl)</p> <p>Medidas capacidad física VO_{2max} (ml/kg/min⁻¹) RHGS (kg) LHGS (kg) BMR (kcal/día)</p>	<p>Intra-grupo (p <0,05) Altura ↑ al final de las 12 semanas (164,61 ± 8,85 vs 167,81 ± 8,80 cm) Peso corporal ↑ al final de las 12 semanas (85,08 ± 20,80 vs 87,41 ± 21,37 kg) Peso libre de grasa ↑ al final de las 12 semanas (52,99 ± 10,54 vs 55,17 ± 12,45 kg) Perímetro cintura ↑ al final de las 12 semanas (107,27 ± 14,10 vs 109,48 ± 14,95 cm) Z-IMC ↓ al final de las 12 semanas (2,75 ± 0,95 vs 2,62 ± 0,95) TC ↓ al final de las 12 semanas (175,08 ± 25,95 vs 163,97 ± 22,71 mg/dl) LDL-C ↓ al final de las 12 semanas (107,46 ± 21,79 vs 97,29 ± 23,80 mg/dl) El VO_{2max} ↑ al final de las 12 semanas (32,2 ± 5,24 vs 33,90 ± 4,93 ml/kg/min⁻¹) BMR ↑ al final de las 12 semanas (1644,22 ± 341,16 vs 1765,94 ± 356,87 kcal/día)</p>
<p>Pal & Sarkar (2019) Diseño: No controlados Participantes (n; condición; género): 20; adolescentes; M <i>Edad, años (rango):</i> 8-14 <i>Altura, cm:</i> NR <i>Peso, kg:</i> NR <i>Porcentaje grasa, % (media; DE):</i> 38,27 ± 4,52 <i>IMC, kg/m²:</i> NR</p> <p>Tasa de abandono (n; razones): NR</p>	<p>Frecuencia: 5 sesiones/ semana Duración: 6 semanas</p> <p>Ejercicios acuáticos y de natación Descripción: – Calentamiento dinámico. – 30-45 min. Parte principal: Ejercicios acuáticos y de natación. Juegos de campo reducido.</p> <p>Volumen: NR Intensidad: NR</p>	<p>Medidas antropométricas Porcentaje grasa (%)</p> <p>Medidas capacidad física 6 min Run and Walk Test - adaptado piscina (m)</p>	<p>Intra-grupo (p <0,05) El porcentaje grasa ↓ al final de las 6 semanas (38,27 ± 4,52 vs 37,07 ± 4,50%) La distancia recorrida durante el 6 min Run and Walk Test ↑ al final de las 6 semanas (3,0550E2 ± 31,49 vs 3,7725E2 ± 29,40)</p>
<p>Stan (2012) Diseño: No controlados Participantes (n; condición; género): 7, niños; NR <i>Edad, años (rango):</i> 5-8 <i>Altura, cm (rango):</i> 112-126 <i>Peso, kg (rango):</i> 37-46 <i>Porcentaje grasa, %:</i> NR <i>IMC, kg/m²:</i> NR</p> <p>Tasa de abandono (n; razones): NR</p>	<p>Frecuencia: 2 sesiones/ semana Duración: 12 semanas</p> <p>Ejercicios aeróbicos acuáticos Descripción: correr en aguas poco profundas (estático y en movimiento), correr en aguas profundas, nadar a crol, braza modificada, crol de espalda piernas con flotador en el pecho. Volumen: 60 min Intensidad: NR</p>	<p>Medidas antropométricas IMC (kg/m²)</p>	<p>Intra-grupo (p <0,05) El IMC medio ↓ al final de las 12 semanas (29,14 vs 28,23 kg/m²)</p>

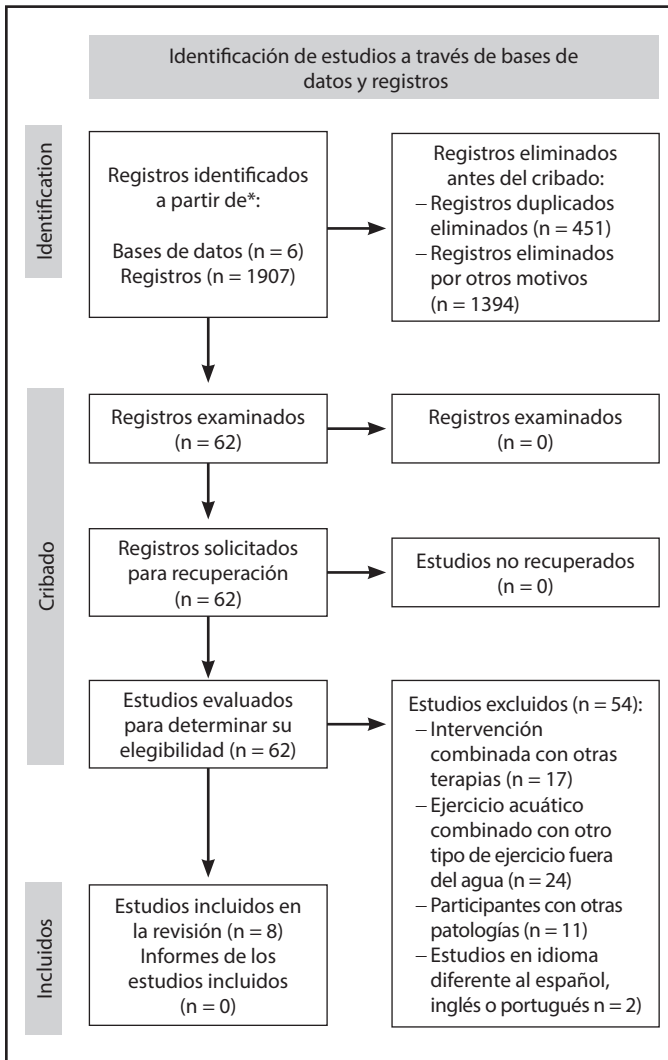
>: Mayor; <: Menor; ↑: Incremento; ↓: Disminución; AF: Actividad física; BMR: Índice de metabolismo basal; CON: Grupo control; ECA: Ensayo controlado aleatorizado; F: Femenino; FC: Frecuencia cardíaca; FC_{max}: Frecuencia cardíaca máxima; FCR: Frecuencia cardíaca de reserva; FEV1: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: Capacidad vital forzada; G: Grupo experimental; HDL: Lipoproteínas de alta densidad; HIITAQ: Programa de Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad en Medio Acuático; IMC: Índice de masa corporal; LDL: Lipoproteínas de baja densidad; LHGS: Fuerza de agarre mano izquierda; M: Masculino; NR: No informado; PACER: Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run; PEF: Flujo espiratorio máximo; RHGS: Fuerza de agarre mano derecha; RPE: Grado de esfuerzo percibido; TC: Colesterol total; TEA: Trastornos del espectro autista; VO: Volumen de oxígeno; VO_{2max}: Volumen máximo de oxígeno; WHR: Índice cintura/cadera; Z-IMC: Puntuación z del índice de masa corporal.

Diseño y muestras

De los ocho estudios incluidos, dos se describieron como ECAs^{14,15}, tres como estudios comparativos¹⁶⁻¹⁸ y tres como no controlados¹⁹⁻²¹. La Tabla 2 muestra un resumen de las características de los 8 estudios revisados.

En total, se incluyeron 349 participantes en los estudios. Las muestras de los estudios variaron de 7 a 210 participantes con edades comprendidas entre los 5 y los 18 años. De los artículos analizados, siete mostraron la distribución de la muestra con respecto al sexo. De estos siete, cuatro de ellos reportaron muestras mixtas, mientras que en los

Figura 1. Diagrama PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) del estudio.



tres restantes se realizaron los programas de ejercicio únicamente en niños (rangos de 228-256 niños y 93-121 niñas).

Evaluación de calidad

Los artículos ECA^{14,15} fueron considerados de "alta" calidad, tras ser analizados con la escala PEDro. Los tres estudios comparativos evaluados con la escala MINORS también se consideraron de "alta" calidad¹⁶⁻¹⁸. Por último, se utilizó la escala NIHIL para evaluar la calidad metodológica de los artículos no controlados, de los cuales dos de ellos fueron catalogados como de "baja"^{20,21} y uno de "alta" calidad¹⁹. Se proporciona una descripción completa del análisis de calidad (Tabla 3).

Las ocho intervenciones fueron evaluadas mediante la escala CERT y cuatro de ellas fueron calificadas de "alta" calidad^{14,18,19,21}. Las cuatro restantes fueron catalogadas como de "baja calidad" o poco fiable. Por otro lado, no se reportaron efectos perjudiciales para los participantes en ninguna de las intervenciones (Tabla 4).

Intervención

Las intervenciones, en general, se llevaron a cabo durante un período de 3 a 16 semanas, con una frecuencia de 2 a 5 sesiones por semana y una duración de 30 a 70 minutos. Los contenidos de las intervenciones incluyeron principalmente ejercicio aeróbico (n = 6), ejercicio aeróbico combinado con entrenamiento de fuerza (n = 1) o ejercicio aeróbico combinado con desarrollo de habilidades acuáticas (n = 1).

Dos estudios compararon los efectos del ejercicio acuático utilizando un grupo de control^{16,17}. En un estudio, se compararon los efectos de dos modalidades de ejercicio acuático, ambos grupos realizaron sesiones de natación pero uno de ellos las combinó con caminata acuática¹⁵. Por último, se revisaron dos artículos donde la muestra se dividió en tres grupos: el grupo control que llevaba a cabo su vida diaria habitual, el grupo de ejercicios acuáticos y otro grupo con intervención alternativa^{14,18}. En este sentido, tanto las intervenciones basadas en ejercicios acuáticos como las propuestas alternativas, resultaron más eficaces que las condiciones de control para reducir el peso corporal.

Resultados principales

Clasificamos las variables en cuatro grandes grupos: mediciones antropométricas (n = 8), mediciones fisiológicas (n = 2), mediciones de capacidad física (n = 7) y mediciones perceptivas (n = 3).

Mediciones antropométricas

Todos los estudios han evaluado variables relacionadas con mediciones antropométricas. El ejercicio acuático ha presentado resultados favorables en relación al peso corporal^{14,15,17-19,21}, IMC^{14,15,18,21}, porcentaje de grasa corporal^{15-18,20}, masa libre de grasa¹⁷⁻¹⁹, perímetro de la cintura^{15,18} y perímetro de la cadera^{18,19} después de las intervenciones en comparación con antes de ellas.

La variable del peso corporal ha sido estudiada en seis artículos^{14,15,17-19,21}. Tres de los seis artículos^{14,17,18} mostraron que el grupo control era menos eficaz que las intervenciones para reducir el peso corporal. En este sentido, Honório *et al.*¹⁵ también descubrieron diferencias entre el grupo de natación y el grupo de natación combinado con caminata acuática, siendo este último grupo el más eficaz para reducir el peso corporal. Por otro lado, el IMC se ha estudiado en seis artículos, encontrándose diferencias entre grupos en tres de ellos^{14,15,18}. En los estudios de Lopera *et al.*¹⁸ y Irandoust *et al.*¹⁴ se observó que el IMC era mayor para el grupo control que para los grupos de intervención.

Además, Lopera *et al.*¹⁸ informaron de mejoras sobre el porcentaje de grasa y el peso libre de grasa en el grupo de ejercicio acuático y grupo de ejercicio en tierra con respecto al grupo control. En el trabajo de Lee & Oh¹⁷ obtuvieron resultados similares mostrando menor porcentaje de grasa y un mayor peso libre de grasa en el grupo de ejercicio acuático en comparación con el grupo control.

El perímetro de la cintura se estudió en dos artículos^{15,18}. Honório *et al.*¹⁵ encontraron diferencias significativas sólo en la evaluación inicial de esta variable entre el grupo de natación y el grupo de natación combinado con caminata acuática. Sin embargo, Lopera *et al.*¹⁸ encontraron cambios significativos en los grupos de intervención con respecto al

Tabla 3. Evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos.

Autores	Elementos de evaluación													
Escala PEDro (artículos aleatorizados y controlados)	0. Criterios de elección	1. Asignación aleatoria	2. Asignación oculta	3. Referencia de comparabilidad	4. Cegado de participantes	5. Cegados terapeutas	6. Cegados evaluadores	7. Resultados de 85% asignados	8. Análisis intención de tratar	9. Análisis de comparación entre grupos	10. Medidas puntuales y variabilidad	Total (0-11)		
Irlandoust <i>et al.</i> (2020)	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	7/11		
Honório <i>et al.</i> (2018)	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/11		
Escala MINORS (artículos comparativos)	1. Objetivo claramente definido	2. Inclusión de pacientes de forma consecutiva	3. Recogida prospectiva de datos	4. Valoraciones ajustadas al objetivo	5. Valoraciones realizadas de manera neutral	6. Fase de seguimiento consecuente con el objetivo	7. Tasa de abandonos durante el seguimiento menor del 5%	8. Estimación prospectiva del tamaño muestral	9. Grupo control adecuado	10. Grupos simultáneos	11. Grupos homogéneos de partida	12. Análisis estadístico apropiado	Total (0-24)	
Lopera <i>et al.</i> (2016)	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	22/24	
Pan (2011)	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	22/24	
Lee & Oh (2014)	2	2	1	2	2	2	0	1	2	2	2	2	20/24	
Escala NHLBI (artículos no controlados)	1. Objeto de estudio	2. Criterios de elección	3. Replificable	4. Participantes elegidos	5. Muestra adecuada	6. Intervención y aplicación descrita	7. Medidas resultado	8. Cegado de evaluadores	9. Pérdida del seguimiento (<20%)	10. Valores estadísticos	11. Datos en series de tiempo interrumpido	12. Datos individuales/ resultado grupal	Total (0-12)	
Lopes <i>et al.</i> (2021)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	9/12	
Pal & Sarkar (2019)	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	5/12	
Stan (2012)	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	4/12	

grupo control y también reportaron un menor perímetro de la cadera, en los grupos de ejercicio físico en comparación con el grupo control.

Mediciones fisiológicas

Dos estudios incluyeron mediciones fisiológicas como resultado^{17,19}. Lopes *et al.*¹⁹ observaron que el colesterol total y los niveles de lipoproteínas de baja densidad bajaban tras un programa de entrenamiento interválico de alta intensidad en el medio acuático de 12 semanas de duración. Además, se encontró un cambio en la distensión vascular de la pierna derecha en el grupo que realizó ejercicios acuáticos en comparación con los niveles previos a la intervención y en comparación con el grupo control¹⁷.

Mediciones de capacidad física

Siete de los ocho estudios han evaluado variables relacionadas con la capacidad física de los participantes. El ejercicio acuático ha presentado resultados favorables en el volumen espiratorio forzado en un segundo¹⁵, el flujo espiratorio máximo¹⁵, la capacidad vital forzada^{14,15} y el consumo máximo de oxígeno¹⁷⁻²⁰. En este sentido, Honório *et al.*¹⁵ mostraron que el grupo de natación combinado con caminata acuática era más eficaz que el grupo de solo natación, para mejorar el volumen espiratorio forzado en un segundo, la capacidad vital forzada y el flujo espiratorio máximo.

La fuerza/resistencia abdominal¹⁶⁻¹⁸, la flexibilidad¹⁷ y el índice de metabolismo basal¹⁷ también se vieron positivamente afectados por los programas de entrenamiento, mientras que la fuerza de agarre de la mano permaneció sin cambios significativos^{17,19}. Además, un programa de ejercicio acuático llevó a mejoras significativas en las puntuaciones de habilidades acuáticas¹⁶.

Mediciones perceptivas

Tanto un programa de ejercicios acuáticos de 16 semanas como uno de ejercicios en tierra condujeron a un aumento significativo en el estado físico percibido por los participantes en comparación con los niveles previos a la intervención. En cambio, no se registraron cambios significativos en la condición de control. No obstante, únicamente el programa de ejercicios en tierra generó un incremento en los niveles de estado social, psicosocial y calidad de vida percibidos por los adolescentes¹⁸.

Discusión

El objetivo de esta revisión fue investigar los efectos del ejercicio acuático en variables relacionadas con la composición corporal en niños y adolescentes. Los resultados obtenidos indican que parece ser de interés a la hora de reducir el peso corporal, el IMC y el porcentaje

Tabla 4. Resultados de la evaluación metodológica CERT.

Criterio	Irandooust <i>et al.</i> (2020)	Honório <i>et al.</i> (2018)	Lopera <i>et al.</i> (2016)	Pan (2011)	Lee & Oh (2014)	Lopes (2021)	Pal & Sarkar (2019)	Stan (2012)
1. Descripción del tipo de equipamiento usado en el ejercicio.	1	0	0	0	0	0	0	1
2. Descripción de las cualificaciones, experiencia y/o entrenamiento.	1	1	1	1	1	1	1	1
3. Describe si los ejercicios son individuales o en grupo.	0	1	0	1	1	0	0	0
4. Describe si los ejercicios son supervisados o no, cómo son impartidos.	1	1	1	1	0	0	0	1
5. Descripción detallada de cómo la adherencia es medida y reportada.	1	0	1	1	1	1	0	1
6. Descripción detallada de las estrategias de motivación.	1	0	1	1	0	1	0	0
7a. Descripción detallada de la(s) regla(s) de decisión para determinar la progresión del ejercicio.	0	0	0	0	0	0	0	0
7b. Descripción detallada de cómo el programa de ejercicio va progresando.	0	0	1	0	0	1	0	1
8. Descripción detallada de cada ejercicio para permitir la réplica.	1	0	1	0	1	1	0	1
9. Descripción detallada de cualquier componente del programa en casa.	0	0	0	0	0	0	0	0
10. Describe algún componente que no sea ejercicio.	1	0	1	1	0	0	0	0
11. Describe el tipo y número de eventos adversos durante el ejercicio.	0	0	0	0	0	0	0	0
12. Describe el entorno en el que se realizan los ejercicios.	0	1	0	1	0	1	0	1
13. Descripción detallada de la intervención de ejercicio.	1	0	1	0	1	1	1	1
14a. Describe si los ejercicios son genéricos (el mismo para todos) o personalizados.	1	0	1	0	1	1	0	1
14b. Descripción de cómo los ejercicios están adaptados a cada persona.	0	0	0	0	0	0	0	0
15. Describe la regla para determinar el nivel inicial.	1	1	1	0	0	1	1	1
16a. Describe cómo la adherencia o fidelidad son medidas.	1	0	1	0	1	0	0	0
16b. Describe hasta qué punto la intervención salió según lo planeado.	1	1	1	1	1	1	1	1
Recuento final	12/19	6/19	12/19	8/19	8/19	10/19	4/19	11/19

de grasa, así como influir de forma positiva sobre la capacidad física de los participantes. Sin embargo, la evidencia científica encontrada no es sólida.

En base a los estudios incluidos en esta revisión, el ejercicio acuático parece ser una intervención exitosa para la reducción del peso, el IMC, el porcentaje de grasa, la masa libre de grasa, el perímetro de cintura y la índice cintura/cadera en niños y adolescentes. Estos resultados van en línea con estudios previos de programas de ejercicio acuático en personas adultas, que han reportado reducciones en el peso corporal^{22,23}, en el IMC²⁴, en el porcentaje de grasa²⁵, en la masa libre de grasa²⁶, o el perímetro de cintura y el ratio cintura/cadera²⁷.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que, generalmente, en los estudios incluidos, los grupos que realizaron algún tipo de ejercicio físico fuera del medio acuático mostraron también beneficios en la mayoría de estas variables, mientras que los grupos control se mantuvieron generalmente sin cambios. Todos los estudios incluidos que analizaron el peso corporal como variable mostraron mejoras en los grupos de ejercicio en agua o fuera de este medio. Según los resultados de los estudios de Stan²¹, Honório *et al.*¹⁵, Irandooust *et al.*¹⁴ y Lopera *et al.*¹⁸, los participantes que realizaron algún tipo de intervención obtuvieron reducciones en su IMC independientemente de si el ejercicio era acuático, en tierra o con videojuegos. En el trabajo de Honório *et al.*¹⁵ hubo una

pequeña diferencia en el IMC al inicio de la intervención entre el grupo de natación y el grupo de natación con caminata acuática. Sin embargo, tras la intervención, la diferencia intergrupo no fue significativa, y ambos grupos redujeron los valores del IMC. Similarmente, se encontraron reducciones en el porcentaje de grasa en los grupos de ejercicio fuera del agua en todos los estudios que analizaron esta variable. Estos resultados parecen indicar que el ejercicio físico, en general, favorece la pérdida de tejido adiposo, como ya indica la evidencia científica actual^{128,29}. Sin embargo, son necesarios más estudios y de mayor calidad para que se pueda identificar si el ejercicio acuático es más efectivo que el ejercicio fuera del agua para prevenir o reducir el sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes.

El exceso de peso corporal en niños y adolescentes está relacionado con riesgos para la salud entre los que se incluyen complicaciones respiratorias³⁰, trastornos metabólicos³¹ e incapacidad para hacer ejercicio³². Los datos de esta revisión indicaron que el ejercicio acuático resultó más efectivo que el grupo de control para mejorar las variables relacionadas con la capacidad física, entre las que se incluyen la capacidad respiratoria, la resistencia cardiovascular, la flexibilidad y la fuerza/resistencia abdominal. Por lo tanto, este tipo de intervenciones podría mejorar algunos de los problemas asociados al sobrepeso y a la obesidad. Los resultados de esta revisión se suman a la evidencia existente que indica la necesidad de que los niños y adolescentes realicen actividad física³³.

Por otro lado, para analizar la calidad metodológica de los estudios analizados se utilizaron diferentes escalas anteriormente vistas, para poder evaluar los estudios aleatorizados y controlados, comparativos y no controlados. En general la calidad metodológica ha sido buena, lo cual es algo positivo porque aumenta la calidad del trabajo y los resultados obtenidos son más fiables. Gracias a ello, la evidencia científica que se extrae de los estudios se podría calificar como "válida"^{14-16,18,19}. Sin embargo, hay otros dos estudios en los que la evidencia extraída puede ser dudosa debido a la "baja" calidad de las investigaciones^{20,21}. En lo que respecta a la calidad de cómo se reportaron las intervenciones de ejercicio físico, evaluada mediante la escala CERT, la mitad de los artículos (n = 4) mostraron baja calidad. La calidad de las intervenciones se vio afectada muchas veces porque muchos estudios no reportaban el ritmo de progresión que seguían las intervenciones, algo que es fundamental para cualquier tipo de intervención. Tampoco se reportó en ningún estudio si surgió algún problema o evento adverso durante la intervención. Por último, tampoco se reportó en ningún momento cómo se medía la adherencia al ejercicio. Por estos motivos, en algunos estudios las intervenciones estaban explicadas de tal forma que dejaba muchos puntos sin especificar, por lo que su aplicación a otros entornos con otros participantes podría ser más complicado.

Esta revisión tiene algunas limitaciones que deben ser consideradas a la hora de interpretar los resultados obtenidos. La mayor limitación es la heterogeneidad en los estudios incluidos, especialmente al respecto de su calidad metodológica. Únicamente cuatro de los ocho artículos analizados incluyeron un grupo de control^{14,16-18}. De esos cuatro, dos también tenían un grupo que realizaba una actividad diferente al ejercicio acuático^{14,18}, y en el estudio de Honório *et al.*¹⁵, un grupo combinaba el ejercicio acuático con caminata acuática. Por lo tanto, solo cinco de los ocho artículos iniciales permitieron comparar los resultados obtenidos después de las intervenciones en el agua con otros grupos. Por último,

existen limitaciones relacionadas con las restricciones lingüísticas, con el hecho de no haber revisado la literatura gris y con el sesgo de publicación, que pueden haber condicionado los resultados de esta revisión.

Conclusión

La evidencia científica al respecto de los efectos del ejercicio acuático en variables relacionadas con la composición corporal en niños y adolescentes es escasa. Los estudios incluidos parecen indicar que el ejercicio acuático podría ser útil para prevenir o reducir algunas variables relacionadas con la adiposidad de los niños y los adolescentes, así como mejorar su capacidad física. Sin embargo, son necesarios futuros estudios aleatorizados y controlados que valoren la efectividad de los programas de ejercicio acuático y con una descripción más detallada de las intervenciones, para facilitar su réplica.

Financiación

Los autores no recibieron apoyo financiero para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. World Health Organization. Obesity and overweight [Internet]. WHO. 2021 [cited 2022 Apr 12]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
2. de Bont J, Bennett M, León-Muñoz LM, Duarte-Salles T. The prevalence and incidence rate of overweight and obesity among 2.5 million children and adolescents in Spain. *Rev Esp Cardiol.* 2022;75:300-7.
3. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sport Med.* 2020;54:1451-62.
4. Chu KS, Rhodes EC. Physiological and cardiovascular changes associated with deep water running in the young: possible implications for the elderly. *Sport Med.* 2001;31:33-46.
5. Lopes M de FA, Bento PCB, Lazzaroto L, Rodacki AF, Leite N. The effects of water walking on the anthropometrics and metabolic aspects in young obese. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2015;17:145-55.
6. Keino S, Van Den Borne B, Plasqui G. Body composition, water turnover and physical activity among women in Narok County, Kenya. *BMC Public Health.* 2014;14:1-7.
7. Higgins J, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page M, et al. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 6.1 [Internet]. *Cochrane.* 2020. Available from: www.training.cochrane.org/handbook.
8. Silverman SR, Schertz LA, Yuen HK, Lowman JD, Bickel CS. Systematic review of the methodological quality and outcome measures utilized in exercise interventions for adults with spinal cord injury. *Spinal Cord* [Internet]. 2012;50:718-27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/sc.2012.78>
9. Slim K, Nini E, Forestier D, Kwiatkowski F, Panis Y, Chipponi J. Methodological index for non-randomized studies (Minors): development and validation of a new instrument. *ANZ J Surg.* 2003;73:712-6.
10. Malgje J, Schoones JW, Pijls BG. Decreased mortality in COVID-19 patients treated with tocilizumab: a rapid systematic review and meta-analysis of observational studies. *Clin Infect Dis.* 2021;72:e742-9.
11. Ma L-L, Wang Y-Y, Yang Z-H, Huang D, Weng H, Zeng X-T. Methodological quality (risk of bias) assessment tools for primary and secondary. *Mil Med Res* [Internet]. 2002;7:1-11. Available from: <https://mmrjournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s40779-020-00238-8.pdf>

12. Nugroho MB. Managing blood pressure in adults- systematic evidence review from the blood pressure expert panel NHLBI. *J Chem Inf Model* [Internet]. 2013;53:1689–99. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/default/files/media/docs/blood-pressure-in-adults.pdf>
13. Slade SC, Dionne CE, Underwood M, Buchbinder R, Beck B, Bennell K, et al. Consensus on exercise reporting template (Cert): modified delphi study. *Phys Ther*. 2016;96:1514–24.
14. Irandoust K, Taheri M, H'Mida C, Neto GR, Trabelsi K, Ammar A, et al. Exergaming and aquatic exercises affect lung function and weight loss in obese children. *Int J Sport Med*. 2020;42:566–72.
15. Honório SAA, Mendes PDM, Batista M, Serrano J, Duarte RM, Oliveira J, et al. Effects of swimming and water walking on body composition and spirometric values in young children. *J Hum Sport Exerc*. 2018;14:47–58.
16. Pan CY. The efficacy of an aquatic program on physical fitness and aquatic skills in children with and without autism spectrum disorders. *Res Autism Spectr Disord*. 2010;5:657–65.
17. Lee BA, Oh D-J. The effects of aquatic exercise on body composition, physical fitness, and vascular compliance of obese elementary students. *J Exerc Rehabil*. 2014;10:184–90.
18. Lopera CA, da Silva DF, Bianchini JAA, Locateli JC, Moreira ACT, Dada RP, et al. Effect of water- versus land-based exercise training as a component of a multidisciplinary intervention program for overweight and obese adolescents. *Physiol Behav*. 2016;165:365–73.
19. Lopes M de FA, Bento PCB, Leite N. A high-intensity interval training program in aquatic environment (HIITAQ) for obese adolescents. *J Phys Educ*. 2021;32:1–11.
20. Pal S, Sarkar LN. Analyze the effect of six week water exercise programme on selected health related fitness component on obese children. *Int J Phys Educ Sport Heal*. 2019;7:155–7.
21. Stan EA. The benefits of aerobic aquatic gymnastics on overweight children. *Palestrica Milen III*. 2012;13:27–30.
22. Baena-Beato PÁ, Artero EG, Arroyo-Morales M, Robles-Fuentes A, Gatto-Cardia MC, Delgado-Fernández M. Aquatic therapy improves pain, disability, quality of life, body composition and fitness in sedentary adults with chronic low back pain. A controlled clinical trial. *Clin Rehabil*. 2014;28:350–60.
23. Kantyka J, Herman D, Rocznik R, Kuba L. Effects of aqua aerobics on body composition, body mass, lipid profile, and blood count in middle-aged sedentary women. *Hum Mov*. 2015;16:9–14.
24. Kim GW, Hwang R. The effects of circuit weight training programs including aquatic exercises on the body composition and serum lipid components of women with obesity. *J Kor Soc Phys Ther*. 2011;23:61–9.
25. Raffaelli C, Milanese C, Lanza M, Zamparo P. Water-based training enhances both physical capacities and body composition in healthy young adult women. *Sport Sci Heal*. 2016;12:195–207.
26. Colado JC, Triplett NT, Tella V, Saucedo P, Abellán J. Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol*. 2009;106:113–22.
27. Meredith-Jones K, Legge M, Jones LM. Circuit based deep water running improves cardiovascular fitness, strength and abdominal obesity in older, overweight women aquatic exercise intervention in older adults. *Med Sport*. 2009;13:5–12.
28. Stoner L, Rowlands D, Morrison A, Credeur D, Hamlin M, Gaffney K, et al. Efficacy of exercise intervention for weight loss in overweight and obese adolescents: meta-analysis and implications. *Sport Med*. 2016;46:1737–51.
29. Stoner L, Beets MW, Brazendale K, Moore JB, Weaver RG. Exercise dose and weight loss in adolescents with overweight–obesity: a meta-regression. *Sport Med* [Internet]. 2019;49:83–94. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40279-018-01040-2>
30. Gold DR, Damokosh AI, Dockery DW, Berkey CS. Body-mass index as a predictor of incident asthma in a prospective cohort of children. *Pediatr Pulmonol*. 2003;36:514–21.
31. Tresaco B, Bueno G, Moreno LA, Garagorri JM, Bueno M. Insulin resistance and impaired glucose tolerance in obese children and adolescents. *J Physio Biochem*. 2003;59:217–23.
32. Deforche B, Lefevre J, De Bourdeaudhuij I, Hills AP, Duquet W, Bouckaert J. Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. *Obes Res*. 2003;11:434–41.
33. Archer T. Health benefits of physical exercise for children and adolescents. *J Nov Physiother*. 2014;4.

Ejercicios de fuerza en pacientes que van a ser intervenidos de artroplastia de rodilla mediante cirugía "Fast-track": un estudio aleatorizado controlado

M^a Teresa Gutiérrez Giménez

Graduado en fisioterapia. Diplomado en enfermería. Máster en evaluación y entrenamiento para la salud. Hospital MAZ. Zaragoza.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00166

Recibido: 25/04/2023
Aceptado: 12/03/2024

Resumen

Antecedentes: Uno de los trastornos musculoesqueléticos y degenerativos más frecuente en edad adulta y que produce mayor discapacidad es la osteoartritis de rodilla cuya solución en grados severos es la artroplastia de rodilla (ATR) que es una de las intervenciones más habituales en los últimos años. En el Hospital Mutua de Accidentes de Zaragoza (MAZ) se realiza con protocolo "Fast-track" que permite que los pacientes se movilicen lo más rápido posible y con pocas complicaciones. Inmediatamente después de la ATR aparecen importantes reducciones de la fuerza muscular y junto con la pérdida de masa muscular relacionada con la edad, aumenta el riesgo de discapacidad y es por ello que recuperar la fuerza muscular es un objetivo importante.

Objetivo: El propósito de este estudio fue evaluar la efectividad de un programa de ejercicios de fuerza con bandas elásticas en pacientes que van a ser intervenidos de artroplastia total de rodilla (ATR) mediante cirugía "Fast-track".

Material y método: 48 pacientes programados para ATR en el primer semestre del 2021 participaron en este ensayo aleatorizado controlado. Un grupo control que realizaba los ejercicios según protocolo establecido en el hospital y el grupo intervención realizaba además unos ejercicios con bandas elásticas, un mes antes de la cirugía y un mes después de la misma, mientras duró la investigación. Se evaluó el dolor, la rigidez y la capacidad funcional mediante el cuestionario *Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC)* y se hicieron la batería de pruebas de cribado de fragilidad SPPB (*Short Physical Performance Battery*) en tres momentos: Un mes antes de la cirugía (T1), quince días después de la cirugía (T2) y al mes de la intervención (T3). También se midió la fuerza de agarre manual en ambas extremidades superiores, el perímetro de muslo (tanto en la pierna que iba a ser intervenida como en la sana) y el Índice de masa corporal (IMC) en las tres evaluaciones.

Resultados: Tanto el grupo intervención como el grupo control obtuvieron mejoras estadísticamente significativas en las evaluaciones del cuestionario WOMAC y pruebas SPPB a los 15 días y a mes de la cirugía si bien el grupo que hizo ejercicios de fuerza con bandas elásticas obtuvo resultados mejores estadísticamente significativos. No hubo diferencias significativas en la fuerza de agarre manual, en el perímetro de muslo ni en el IMC.

Conclusión: Un programa de ejercicios de fuerza pre y postoperatorio de ATR con bandas elásticas mejora la eficacia del programa tradicional, disminuyendo el dolor y rigidez, mejorando la capacidad funcional, equilibrio y velocidad de la marcha y por lo tanto su autonomía y calidad de vida.

Palabras clave:

Rodilla. Artroplastia. Envejecimiento.
"Fast-track". Entrenamiento fuerza.
Bandas elásticas.

Resistance exercises in patients whose knee is going to be operated of arthroplasty with Fast-track surgery: randomized controlled trial

Summary

Background: One of the most frequent musculoskeletal and degenerative disorders in adulthood and that produces greater disability is knee osteoarthritis; this injury produces greater disability and the solution in severe degrees is knee arthroplasty (TKA). In hospital MAZ, TKA is performed with the Fast-track a protocol allows patients to move as quickly as possible and without any complications. After the ATR, reductions of muscular strength appear, and with the loss of muscular mass associated with age, the risk of disability increases and that is why recovering muscular strength is an important goal for orthopedic surgeons and specialists in rehabilitation.

Objective: The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of a simple resistance exercise program with elastic bands in patients who are going to undergo TKA using Fast-track surgery.

Premio SEMED a la Investigación 2023

Correspondencia: M^a Teresa Gutiérrez Giménez
E-mail: maritereguti@hotmail.es

Material and method: 48 patients scheduled for TKA in the first half of 2021 participated in this randomized controlled trial. A control group that performed the exercises according to the protocol established in the hospital and the intervention group that also performed exercises with elastic bands. The two groups performed the exercises one month before and after surgery and while the investigation lasted. A pain, stiffness and functional capacity were assessed with questionnaire WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) and the SPPB frailty screening test battery (Short Physical Performance Battery). Handgrip strength, the thigh circumference and the body mass index (BMI) was also measured. All of this was evaluated in three times: one month before surgery (T1), fifteen days (T2) and one month (T3) after surgery.

Results: Both the intervention group and the control group obtained statistically significant improvements in the evaluations of WOMAC questionnaire and SPPB tests at 15 days and one month after surgery although the group that did resistance exercises with elastic bands obtained better results. There were no significant differences in handgrip strength, thigh circumference or BMI.

Conclusion: A pre and postoperative TKA resistance exercise program with elastic bands improves the effectiveness of the traditional program, reducing pain and stiffness, improving functional capacity, balance and gait speed and therefore autonomy and quality of life.

Key words:

Knee. Knee arthroplasty.
Aging. Fast-track. Resistance training.
Elastic bands.

Introducción

Uno de los trastornos musculoesqueléticos y degenerativos más frecuente en edad adulta y que produce mayor discapacidad es la osteoartritis de rodilla (OA)^{1,2}. Los pacientes con OA de rodilla sufren dolor continuo y trastornos funcionales que imposibilitan a menudo su quehacer diario³. La artroplastia o cirugía de sustitución de la rodilla (ATR) para reducir el dolor y recuperar la funcionalidad es el tratamiento más eficaz y el más común en los casos severos de OA⁴. Una prótesis de rodilla es un elemento mecánico compuesto por diversos componentes de metal y plástico que sustituyen a la articulación de la rodilla formada por tibia y fémur. Esa prótesis proporcionará alivio del dolor y mejorará la función en la mayoría de los pacientes con enfermedad degenerativa de la articulación^{5,6}. En los últimos años ha habido un fuerte incremento de la cirugía de artroplastia de rodilla en España y en países de nuestro entorno ya que se han ampliado los criterios de indicación, por el propio envejecimiento de la población y porque es una cirugía efectiva. Por todo ello hay una mayor expectativa y demanda por parte de los pacientes⁷. Consecuencia de esta evolución, varios estudios demuestran que es una de las intervenciones más habituales en los últimos años⁸. En España la progresión en el número de prótesis ha pasado de 12.500 en el año 1995 a 25.000 en el año 2000⁹; actualmente no hay un registro nacional de artroplastias de rodilla aunque se está trabajando en ello¹⁰ pero según datos de la Federación Española de Tecnologías Sanitarias (FENIN) en el año 2014 se implantaron alrededor de 35.000 prótesis y según el último congreso de artroscopia en 2019 llegaron a 60.000. Teniendo en cuenta el progresivo envejecimiento de la población se estima un crecimiento importante de estas cirugías en los próximos años.

En el hospital Mutua de Accidentes de Zaragoza (MAZ) la cirugía de sustitución de rodilla se realiza con protocolo "Fast-track"¹¹; este concepto fue introducido por el profesor Henrik Kehlet y se define como aquella cirugía en la que participa un equipo multidisciplinar (traumatólogo, anestesiólogo, personal de enfermería, médico rehabilitador y fisioterapeuta), cuyos conceptos de tratamiento basados en la evidencia permiten que los pacientes se movilicen lo más rápido posible¹² y con pocas complicaciones¹³, siendo el paciente la parte más importante

del programa. Los principios importantes de este procedimiento se enumeran a continuación:

- El uso de ácido tranexámico: La terapia con ácido tranexámico en la artroplastia de rodilla reduce la pérdida de sangre y minimiza la necesidad de una transfusión sin aumentar el riesgo de trombosis o embolia¹⁴.
- Administración de corticoides tales como dexametasona (20 mg) o metilprednisolona (125 mg) consiguen efectos beneficiosos sin influir negativamente en la tasa de infección ni aumentar las complicaciones¹⁵.
- Se prescinde de la sonda urinaria, ya que se asocia con más complicaciones, una estancia hospitalaria más prolongada, mayores costos y una mayor tasa de reingreso en 30 días¹⁶.
- Cirugía con anestesia intradural y en MAZ se realiza sin isquemia, es decir, sin utilización de torniquete: la literatura actual ha demostrado que la no isquemia disminuye la pérdida sanguínea y también disminuye la inflamación postoperatoria¹⁷ acortando el tiempo de operación y garantiza un mejor resultado de cementación.
- No hay drenaje intraarticular: Durante mucho tiempo y aún en la actualidad en algún procedimiento se sigue usando el catéter femoral como tratamiento del dolor después de la implantación de una prótesis de rodilla¹¹ que proporciona un buen tratamiento del dolor, pero no permite la movilización activa. En sustitución del drenaje se recomienda un tratamiento del dolor mediante terapia multimodal con infiltración local (LIA) de la cápsula y los tejidos blandos con anestésicos locales (un total de 170 ml de solución de ropivacaína al 0,2% a veces acompañado con adrenalina y anestésico local) y la colocación de un apósito determinado en quirófano acompañado de un vendaje compresivo¹⁸. Esto minimiza los cambios de apósito y, por lo tanto, la manipulación de la herida y el paciente puede ducharse sin problema el día después de la operación.
- Movilización precoz derivando en un alta temprana y que permite conseguir una recuperación más rápida y más eficaz que con el protocolo tradicional¹⁹: A las dos horas de la intervención el paciente ya realiza ejercicios activos y puede caminar con andador.

La movilización precoz promueve la autonomía del paciente, transmite de inmediato el éxito de la operación y como consecuencia quita miedos y preocupaciones²⁰ y actúa también como profilaxis eficaz de la trombosis²¹.

Una parte muy importante y clave de este programa es la información al paciente y por ello los pacientes candidatos al programa reciben una sesión informativa también llamada educación preoperatoria que tiene como objetivo mejorar el conocimiento y los resultados de salud de las personas²². La literatura reciente demuestra que ofrecer a los pacientes una sesión informativa acerca del protocolo a seguir antes de la cirugía consigue que éstos tengan menos ansiedad, un mejor control del dolor posoperatorio y una mejor comprensión de su cirugía²³ y los protocolos clínicos que incorporan ese programa de educación preoperatoria para el reemplazo de rodilla conducen a una menor duración de la estancia en el hospital^{24,25} y a un menor coste sanitario²⁶. En esa sesión informativa se abordan temas referentes al tipo de cirugía, la anestesia elegida, la medicación antes y después y se pautan y enseñan ejercicios para realizar en domicilio antes de la cirugía. Varios estudios afirman que los programas de entrenamiento preoperatorio mejoran los resultados postoperatorios en cuanto a dolor y función^{27,28}. En estas sesiones está presente un familiar que hace las veces de "coach", y que en el domicilio será la persona que le animará y supervisará cada día los ejercicios y es fundamental para obtener los resultados exitosos después de la cirugía²⁹. Se insiste en la importancia del paciente como centro del protocolo y se implica en su rehabilitación. Es importante utilizar un lenguaje sencillo para una comprensión óptima³⁰ y proporcionar material educativo sencillo con ilustraciones que ayudarán a esa mejor comprensión y minimizarán la ansiedad y mejorarán los resultados³¹.

Por otro lado, se sabe que inmediatamente después de la ATR aparecen reducciones de la fuerza muscular de hasta un 60%³² que junto con la pérdida de masa muscular relacionada con la edad, aumenta el riesgo de discapacidad³³. La fuerza y la función del cuádriceps es muy importante para asegurar el éxito de la intervención³⁴. La evidencia muestra que los pacientes que van a someterse a una intervención de artroplastia de rodilla obtienen mejores resultados si antes de la cirugía fortalecen la musculatura de ambas piernas mediante un programa de ejercicios³⁵. De hecho, se cree que la fuerza preoperatoria del cuádriceps es un fuerte predictor del rendimiento funcional un año después de la ATR³⁶, así que recuperar la fuerza muscular es un objetivo importante para los cirujanos ortopédicos y los especialistas en rehabilitación³⁷.

Por todo ello el propósito de este estudio es evaluar la efectividad de un programa sencillo y domiciliario de entrenamiento de fuerza pre y postoperatorio con bandas elásticas en pacientes a la espera de ATR. Se escogieron bandas elásticas por su facilidad de uso, accesibilidad y bajo coste³⁸.

Hipótesis

Se planteó la hipótesis de que un programa de ejercicios de fuerza específico con bandas elásticas realizado antes y después de la artroplastia de rodilla conduce a una mejora postoperatoria en comparación con el grupo control (que realiza los ejercicios establecidos en el protocolo actual).

Material y método

Diseño del estudio

Se realizó un ensayo controlado y aleatorizado para evaluar el postoperatorio y la eficacia de la intervención de un entrenamiento de fuerza con bandas elásticas en comparación con un grupo control de ejercicios de movilidad y ejercicios isométricos. La intervención tuvo lugar en el servicio de Traumatología, dentro del convenio que tiene MAZ con Seguridad Social. Aquellos pacientes con artrosis severa de rodilla grado 3 o muy severa grado 4 son propuestos para artroplastia, establecido de acuerdo a la clasificación radiográfica de Ahlback^{39,40}.

Se obtuvo el Consentimiento informado de todos los pacientes y el estudio fue aprobado en primer lugar por el comité de ética del Hospital MAZ y por el Comité de Ética e Investigación de la Comunidad de Aragón (CEICA) con el C.I. PI21/220.

El tamaño de la muestra es de 48 pacientes por conveniencia (cirugías previstas a lo largo del tiempo que dura el estudio).

Criterios de inclusión y exclusión

Se reclutan los pacientes que cumplen los criterios de inclusión en el protocolo de artroplastia de rodilla y son citados junto con un familiar-acompañante para acudir a una sesión informativa un mes antes de la intervención, en grupos de dos pacientes.

Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 65 años que van a ser operados de una ATR.
- Pacientes ASA (Sociedad americana de anestesiología) I (paciente sano), ASA II con una o varias patologías médicas compensadas (hipertensión arterial controlada, diabetes mellitus controlada, fumador, asma controlada, enfermedad pulmonar obstructiva crónica estabilizada, anemia crónica, obesidad, arritmia cardíaca con frecuencia ventricular media normal y con tratamiento antiagregante-anticoagulante) y ASA III (paciente con una o varias patologías médicas, siendo al menos una de ellas catalogada como descompensada, pero que dicha descompensación no signifique un riesgo para la vida).
- Que firmen el consentimiento informado propio del protocolo.

Criterios de exclusión

- Pacientes ASA IV (patología que supone una constante amenaza para su vida), ASA V (paciente moribundo que no se espera que sobreviva sin la cirugía por la que entra a quirófano) y ASA VI (muerte cerebral: donante de órganos).
- Menores de 65 años.
- Alergia a alguno de los fármacos propuestos a lo largo del protocolo o contraindicación para su administración: Ácido tranexámico, antiinflamatorios no esteroideos, paracetamol, inhibidores de la COX-2 (ciclooxigenasa), corticoides, tramadol, ropivacaína, pantoprazol, heparinas, anticoagulantes orales... aunque si estos fármacos pueden ser sustituidos por otros de efecto similar, sí podrán ser incluidos.

- Pacientes con anemia importante (hemoglobina inferior a 13 g/dl tanto en mujeres como en hombres) o con alteraciones de la coagulación (excepto las fármaco-inducidas por anticoagulantes orales).
- Negativa del paciente a participar en el estudio.
- Ausencia de soporte familiar.
- Participación simultánea en otro estudio.

Aleatorización y cegamiento

Los pacientes elegidos fueron asignados aleatoriamente al grupo intervención o al grupo control al azar por pares, después de la parte teórica de la sesión informativa, con lanzamiento de moneda, de manera individualizada, siendo cara pertenecer al grupo control y cruz al grupo intervención. Los pacientes no fueron informados de pertenecer en uno u otro grupo. La única persona conocedora de la intervención fue la fisioterapeuta que era a la vez la investigadora.

Procedimiento

Los pacientes junto con el familiar acompañante fueron citados a la sesión informativa un mes antes de la intervención, en grupos de dos, en el Hospital. La imparte el fisioterapeuta encargado del protocolo de rehabilitación junto con el traumatólogo y se realiza en la planta donde se hospitalizan las artroplastias permitiendo que el paciente se familiarice con el entorno. Se imparten en grupos favoreciendo la interacción con otros pacientes con la misma patología y se dispone de tiempo para preguntas y resolución de dudas.

Después de la sesión informativa, en la sala de rehabilitación, se completa la primera evaluación del estudio (T1), de manera individualizada y mediante entrevista a cargo del investigador.

- Datos demográficos: Sexo, edad, peso y talla, calculando el posterior IMC (índice de masa corporal).
- Cuestionario WOMAC (*western Ontario and McMaster Universities*)⁴¹ para determinar el grado de dolor, rigidez e incapacidad funcional que tiene el paciente, valorado en una escala del 0 al 4 donde 0 es ninguno (ausencia de dolor, de incapacidad funcional y de rigidez) y el 4 es muchísimo (dolor muy severo, rigidez muy severa e incapacidad muy severa). En total, la puntuación WOMAC total la máxima es de 96 puntos considerando los 24 ítems.
- Test de cribado de fragilidad con la *Short Physical Performance Battery* (SPPB) que es una de las pruebas estrella para valorar capacidad funcional y la fragilidad en personas de edad avanzada. La fragilidad se relaciona con la discapacidad, con el riesgo de caídas y con la aparición de enfermedades y será vital conocer esta herramienta para detectar y clasificar a estas personas^{42,43}. Son tres sencillas pruebas: equilibrio, sentarse y levantarse y velocidad de la marcha. Según la puntuación obtenida tendremos un grado u otro de fragilidad, a menor puntuación en el SPPB mayor riesgo de sufrir situaciones adversas (de 0-3 grandes limitaciones, de 4-6 limitación moderada o pre-frágil, de 7-9 limitación leve o frágil y de 10-12 sin limitación o autónomo).
- Fuerza de prensión de la mano (*handgrip*) mediante dinamómetro manual (modelo T.K.K. 5001 GRIP-A, Tokyo, Japón) considerado entre los dinamómetros manuales que tiene una mayor validez y reproductibilidad⁴⁴. Se realiza tanto en extremidad dominante como

no dominante. El paciente permanece de pie con brazo estirado y hombro a 45° de abducción. Cada paciente realiza la prueba dos veces, manteniendo la presión dos segundos y dejando un minuto de descanso entre las medidas, con la posición de apertura del dinamómetro de 5 cm tanto en hombres como en mujeres⁴⁵. Se registró el mejor dato, medido en kilogramos, comenzando con la mano dominante.

- Perímetro de muslo: con el paciente sentado en camilla, rodilla estirada y al descubierto, a 10 cm de la rótula⁴⁶. La medición se realiza en las dos extremidades.

La segunda evaluación (T2) se realiza a los 15 días posteriores a la cirugía, antes de la retirada de las grapas de la herida postquirúrgica; se toman los mismos datos y en las mismas condiciones que T1. La prueba de velocidad de la marcha de 3 metros se efectúa sin bastones.

La tercera evaluación (T3) se obtiene al mes de la intervención aproximadamente; se revisa la herida y se evalúa de la misma forma que en T1 y T2.

Todas las evaluaciones se realizan en la misma sala, con el mismo procedimiento (cronómetro iPhone SE) y por parte del mismo evaluador y a la misma hora.

Intervención

En la sesión educativa se informa a los pacientes y a los acompañantes acerca del protocolo a seguir. Se comienza con las presentaciones del equipo médico y se abordan temas referentes a la estancia en el hospital, la cirugía, el tipo de anestesia, el cuidado de las heridas en domicilio, el manejo del dolor postoperatorio, entrenamiento acerca de las transferencias, evolución de la marcha tras la cirugía (con andador el día de la cirugía, con bastones el día siguiente) y cómo subir y bajar escaleras. En último lugar el fisioterapeuta enseña los ejercicios (investigadora) y es cuando se integran los dos grupos de estudio, el grupo control y el grupo intervención.

Tanto grupo control como grupo intervención reciben la misma información y sólo varía el pertenecer a uno u otro grupo los ejercicios a realizar.

Intervención en Grupo control

Se explican y se hacen ejercicios encaminados a mantener rangos articulares y tono muscular:

- Tumbado en decúbito supino: flexión y extensión de la rodilla, flexión y extensión de pie, flexión de cadera 45°, isométrico de cuádriceps.
- Sentado: flexión y extensión activa de rodilla.
- De pie: flexión y extensión activa de rodilla.

Todos los ejercicios se hacen despacio y sin que aparezca dolor y siguiendo el protocolo y se le pide al paciente que debe realizar 10 repeticiones cada ejercicio dos veces al día. Después de la intervención, y ya con la prótesis, se le recuerda al paciente que deberá realizar los ejercicios de la misma manera.

Intervención en Grupo intervención

Se enseñan, realizan y supervisan los mismos ejercicios que el grupo control y se añaden otros ejercicios con banda elástica resistencia media (color rojo, Theraband®^{47,48}) para trabajar la fuerza muscular:

- En posición de decúbito supino con gomas en tobillos: flexión de cadera con rodilla estirada, abducción y extensión de rodilla con flexión de cadera y rodilla.
- Sentado con gomas en tobillos: extensión de rodilla.
- De pie con gomas en tobillos: flexión, abducción y extensión de cadera.

Estos ejercicios se repiten 2 veces al día, manteniendo la contracción muscular dos segundos, despacio y sin dolor, 10 repeticiones las dos primeras semanas y se aumentan a 15 repeticiones las posteriores semanas hasta el día de la cirugía; al alta hospitalaria después de la cirugía se siguen realizando en domicilio, 15 repeticiones, dos veces al día. La banda elástica es de un metro de longitud que se le proporciona a cada paciente anudada y preparada para realizar correctamente los ejercicios.

En ambos grupos y bajo la supervisión del fisioterapeuta, el paciente aprende los ejercicios para realizar en domicilio. Dado la edad de los pacientes (son todos mayores de 65 años), el familiar acompañante es parte fundamental del proceso puesto que será el que supervisará y vigilará su correcta ejecución. Se insiste que el familiar que acude a la sesión informativa sea el mismo que acompaña en el hospital en el momento de la cirugía y en domicilio.

Se proporciona a los participantes dos trípticos, uno con toda la información de la sesión y otro con los ejercicios descritos detalladamente. La finalidad es que el paciente tenga claro y se comprometa a realizar los ejercicios que le corresponden antes de la intervención y también después de la cirugía. Se insiste en la importancia de hacer los ejercicios y animar a ejecutarlos de la manera correcta y así el paciente se implica más en su rehabilitación.

El día de la cirugía, el fisioterapeuta llevará a cabo la rehabilitación del paciente los dos días de ingreso hospitalario según protocolo. Al alta hospitalaria se recuerda al paciente en los dos grupos que debe seguir haciendo los ejercicios de la manera pautada en la sesión preoperatoria.

A los 15 días de la cirugía y antes de la retirada de grapas se repite el cuestionario WOMAC, la prueba de fragilidad SPPB, *handgrip*, perímetro de rodilla y peso del paciente.

Al mes de la cirugía y aprovechando que el paciente acude a consulta para el alta se vuelven a realizar todas las pruebas y mediciones. En las dos ocasiones se realiza un control de las sesiones de rehabilitación que han seguido en domicilio.

Todas las evaluaciones, la inicial en la sesión informativa (T1), a los 15 días (T2) y a los 30 días (T3) postcirugía se realizaron en la misma sala y por la misma persona (investigador) y a la misma hora.

Análisis estadístico

Las características demográficas se informaron como frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas y como media con desviación estándar para las continuas. En primer lugar, se confirmaron la normalidad de las variables cuantitativas mediante la prueba de *Shapiro-Wilk*. Para valorar si hay diferencias significativas entre los grupos al inicio de la intervención se realizó la prueba T de *Student* o la prueba de *Wilcoxon*. Para la única variable categórica (sexo) se utilizó chi cuadrado.

Para el análisis de los datos inter e intragrupo de los resultados de los datos con distribución normal, se utilizó la prueba de ANOVA de medidas repetidas con la prueba *post hoc* de *Bonferroni*. Para el

análisis de los datos con distribución no normal se utilizó el test de U de *Mann-Whitney* para el análisis Inter grupo y la prueba de *Wilcoxon* para el análisis intragrupo.

Todos los datos se analizaron utilizando el *software* estadístico SPSS versión 20 y fueron llevados a cabo por parte de la investigadora.

Resultados

Características basales de los participantes

En total se incluyeron 48 participantes en el estudio que fueron asignados aleatoriamente en dos grupos, grupo intervención y grupo control. Dos pacientes fueron excluidos de la cirugía por presentar problemas cardíacos incompatibles con los criterios de inclusión; los dos correspondían al grupo control.

La Tabla 1 representa los datos demográficos de los pacientes y se observa que las características de inicio de ambos grupos fueron similares.

Medidas de resultado

La Tabla 2 nos muestra las medidas iniciales de todas las pruebas realizadas: Las puntuaciones del cuestionario WOMAC en su totalidad y en los tres apartados y las puntuaciones registradas en las pruebas de cribado SPPB. En último lugar, las mediciones de fuerza manual y perímetro de muslo.

Tabla 1. Características iniciales.

	Grupo control N=22	Grupo intervención N=24	P valor
Sexo	50% hombres	45,8% hombres	0,777
Edad	73,27 ± 6,56	70,96 ± 0,985	0,108
IMC	32,42 ± 4,25	30,58 ± 0,353	0,096

IMC: índice de masa corporal.

Tabla 2. Medidas iniciales.

	Grupo control N=22	Grupo intervención N=24	P valor
WOMAC total	65,54 ± 8,59	60,75 ± 8,41	0,774
W dolor	12,22 ± 2,58	11,41 ± 2,06	0,108
W rigidez	5,13 ± 1,75	5,54 ± 1,02	0,472
W CAP FUN	48,18 ± 6,3	43,79 ± 7,79	0,472
SPPB total	4,86 ± 1,49	5,91 ± 1,97	0,208
	PREFRÁGIL	FRÁGIL	
SPPB EQ	2,36 ± 0,72	2,29 ± 0,76	0,392
SPPB SL	1,68 ± 0,56	1,8 ± 0,76	0,393
SPPB VM	0,86 ± 0,351	1 ± 0,3	0,16
HANDGRIP ED	25,64 ± 9	26,58 ± 11,32	0,986
HANDGRIP END	23,73 ± 8,8	24,84 ± 11,63	0,72
PERIMETRO EP	51,55 ± 4,89	51,33 ± 4,68	0,881
PERÍMETRO ENP	51,73 ± 4,76	51,29 ± 4,61	0,754

W: WOMAC; CAPFUN: Capacidad funcional; EQ: Equilibrio; SL: Sentarse y levantarse; VM: Velocidad marcha; ED: Extremidad dominante; END: Extremidad no dominante; EP: Extremidad protetizada; ENP: Extremidad no protetizada.

No existen diferencias estadísticamente significativas al inicio del estudio ($p > 0,05$) y por lo tanto estamos ante dos grupos que inicialmente son similares en cuanto a capacidad funcional, fragilidad, fuerza y estado general.

Como resultados del análisis entre grupos, analizamos los resultados en cuanto a cuestionario WOMAC y test de fragilidad en la Tabla 3 y "handgrip", perímetro del muslo y IMC en la Tabla 4.

En el cuestionario WOMAC se observan diferencias estadísticamente significativas en todas las variables con $p < 0,001$, tanto en el registro de los 15 días (T2) posteriores a la cirugía como en los 30 días (T3).

En los resultados de los test para valorar la fragilidad observamos que en el test de equilibrio no hay diferencias significativas en cuanto a la medición segunda y tercera, en el test de sentarse y levantarse existe diferencia significativa a los 15 días de la cirugía mientras que a los 30

Tabla 3. Resultados intergrupos variable WOMAC y SPPB.

Variable	Grupo	T1	T2	T3	T2-T1	T3-T1
WOMAC dolor	GI	11,41 ± 2,06	3,21 ± 2,08	1,21 ± 1,38		
	GC	12,22 ± 2,58	6,36 ± 3,12	3,13 ± 2,45	<0,001**	0,002**
	DIF	-0,81	-3,15	-1,92		
WOMAC rigidez	GI	5,54 ± 1,02	2,29 ± 1,12	1,17 ± 0,76		
	GC	5,13 ± 1,75	3,68 ± 1,04	2,05 ± 1,29	0,001**	0,008**
	DIF	-0,41	-1,39	-0,88		
WOMAC CAPFUN	GI	43,79 ± 7,79	13,54 ± 5,61	5,75 ± 3,09		
	GC	48,18 ± 6,30	27,27 ± 7,30	16,4 ± 10,32	<0,001*	<0,001*
	DIF	-4,39	-13,73	-10,65		
WOMAC total	GI	60,75 ± 8,41	19,04 ± 8,02	8,13 ± 3,87		
	GC	65,54 ± 8,59	37,31 ± 9,77	21,59 ± 13,22	<0,001*	<0,001*
	DIF	-4,79	-18,27	-13,46		
SPPB EQ	GI	2,29 ± 0,76	3,50 ± 0,59	3,83 ± 0,38		
	GC	2,36 ± 0,72	3,18 ± 0,73	3,77 ± 0,52	0,133**	0,841**
SPPB SL	GI	1 ± 0,30	1,92 ± 0,65	3,38 ± 0,92		
	GC	0,86 ± 0,35	1,36 ± 0,49	2,55 ± 1,10	0,004**	0,008**
SPPB VM	GI	1,80 ± 0,76	3,46 ± 0,93	3,79 ± 0,51		
	GC	1,68 ± 0,56	2,64 ± 0,95	3,50 ± 0,80	0,002**	0,190**
SPPB total	GI	5,91 ± 1,97	8,87 ± 1,62	11 ± 1,50		
	GC	4,86 ± 1,48	7,18 ± 1,70	9,91 ± 1,70	0,001*	0,016*

GI: Grupo intervención; GC: Grupo control; CAPFUN: Capacidad funcional; EQ: Equilibrio; SL: Sentarse y levantarse; VM: Velocidad marcha; DIF: Diferencia entre grupos.

*ANOVA de medidas repetidas.

** Prueba U de Mann-Whitney para distribuciones paramétricas.

Tabla 4. Resultados intergrupos, variable "handgrip", perímetro muslo e IMC.

Variable	Grupo	T1	T2	T3	T2-T1	T3-T1
HANDGRIP ED	GI	26,58 ± 11,32	27,37 ± 10,85	27,87 ± 10,70		
	GC	25,64 ± 9	26,90 ± 8,60	27,04 ± 8,74	0,40*	0,15*
HANDGRIP END	GI	24,84 ± 11,63	24,95 ± 10,55	25,62 ± 10,67		
	GC	23,73 ± 8,8	23 ± 9,64	24,81 ± 9,10	1*	0,063*
Perímetro EP	GI	51,33 ± 4,68	51,64 ± 4,86	51,72 ± 4,94		
	GC	51,55 ± 4,89	51,70 ± 4,87	51,77 ± 4,98	0,180*	0,064*
Perímetro ENP	GI	51,29 ± 4,61	51,47 ± 5,02	51,70 ± 4,83		
	GC	51,73 ± 4,76	52,18 ± 5,05	52 ± 5,09	0,151*	0,015*
IMC	GI	30,58 ± 3,23	30,37 ± 3,11	30,22 ± 3,03		
	GC	32,42 ± 4,08	32,26 ± 3,99	32,16 ± 3,92	0,079*	0,067*

ED: Extremidad dominante; END: Extremidad no dominante; EP: Extremidad con prótesis; ENP: Extremidad sin prótesis; IMC: Índice de masa corporal.

*ANOVA de medidas repetidas

Tabla 5. Intragrupo grupo intervención.

Variable	T1	T2	T3	T2-T1	T3-T2	T3-T1
WOMAC dolor	11,41 ± 2,06	3,21 ± 2,08	1,21 ± 1,38	0,001	0,018	<0,001
WOMAC rigidez	5,54 ± 1,02	2,29 ± 1,12	1,17 ± 0,76	<0,001	0,023	<0,001
WOMAC CAPFUNC	43,79 ± 7,79	13,54 ± 5,61	5,75 ± 3,09	0,001	<0,001	0,001
WOMAC total	60,75 ± 8,41	19,04 ± 8,02	8,13 ± 3,87	<0,001	<0,001	<0,001
SPPB EQ	2,29 ± 0,76	3,50 ± 0,59	3,83 ± 0,38	<0,001	0,745	<0,001
SPPB SL	1 ± 0,30	1,92 ± 0,65	3,38 ± 0,92	0,012	0,003	<0,001
SPPB VM	1,80 ± 0,76	3,46 ± 0,93	3,79 ± 0,51	<0,001	0,582	<0,001
SPPB total	5,91 ± 1,97	8,87 ± 1,62	11 ± 1,50	<0,001	<0,001	<0,001

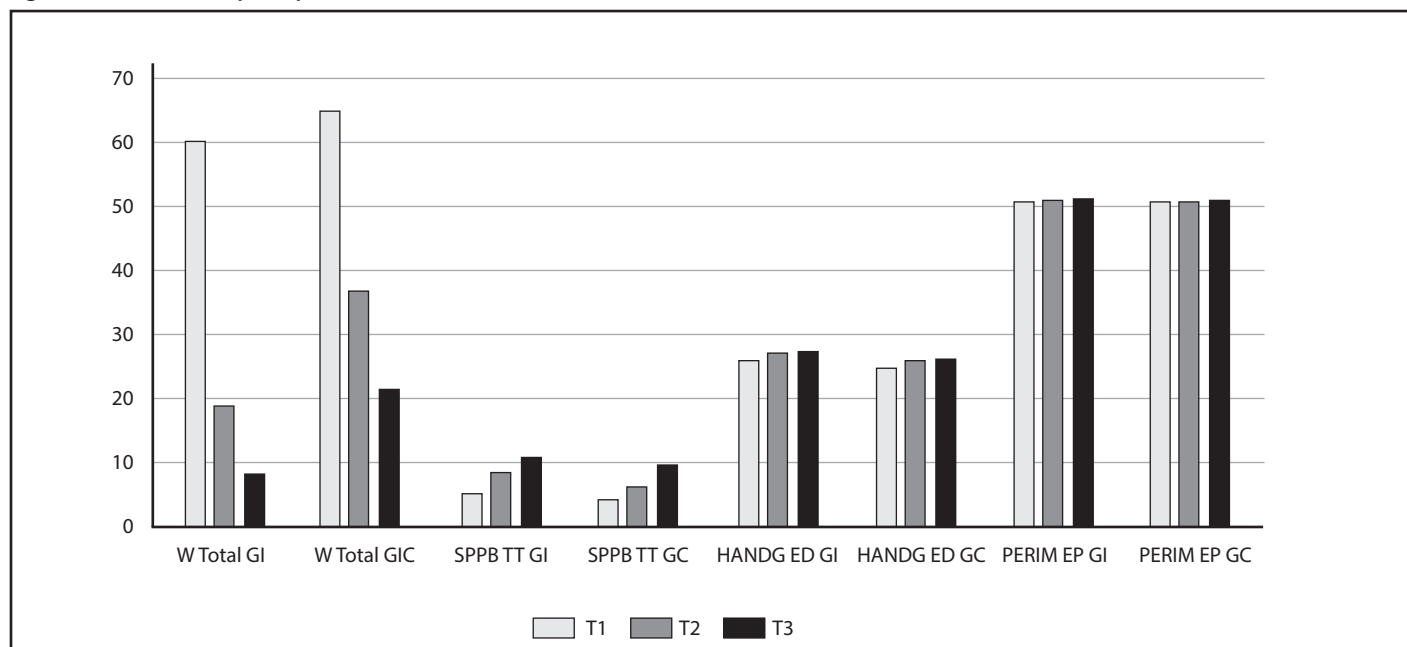
CAPFUN: Capacidad funcional; EQ: Equilibrio; SL: Sentarse y levantarse; VM: Velocidad de marcha.

Tabla 6. Intragrupo grupo control.

Variable	T1	T2	T3	T2-T1	T3-T2	T3-T1
WOMAC dolor	12,22 ± 2,58	6,36 ± 3,12	3,13 ± 2,45	<0,001	<0,001	<0,001
WOMAC rigidez	5,13 ± 1,75	3,68 ± 1,04	2,05 ± 1,29	0,031	0,016	<0,001
WOMAC CAPFUNC	48,18 ± 6,30	27,27 ± 7,30	16,4 ± 10,32	<0,001	<0,001	<0,001
WOMAC total	65,54 ± 8,54	37,31 ± 7,77	21,59 ± 13,22	<0,001	<0,001	<0,001
SPPB EQ	2,36 ± 0,72	3,18 ± 0,73	3,77 ± 0,52	0,016	0,104	<0,001
SPPB SL	0,86 ± 0,35	1,36 ± 0,49	2,55 ± 1,10	0,179	0,008	<0,001
SPPB VM	1,68 ± 0,56	2,64 ± 0,95	3,50 ± 0,80	0,010	0,010	<0,001
SPPB total	4,86 ± 1,48	7,18 ± 1,70	9,91 ± 1,70	<0,001	<0,001	<0,001

CAPFUN: Capacidad funcional; EQ: Equilibrio; SL: Sentarse y levantarse; VM: Velocidad de marcha.

Figura 1. Valores de las principales variables en las tres mediciones.



W: WOMAC; GI: Grupo intervención; GC: Grupo control; TT: Total; HANDG: Handgrip; ED: Extremidad dominante; PERIM: Perímetro del muslo; EP: Extremidad con prótesis; T1: Valoración inicial; T2 y T3: Segunda y tercera valoración.

no, al igual que en la prueba de velocidad de marcha de 3 metros; en cambio, la puntuación total que es lo que marca la existencia o no de fragilidad aparece con una valoración inicial de "frágil", con una valoración de "prefrágil" en T2 para acabar con la valoración de "autónomo" en la última medición al mes de la cirugía (aproximadamente dos meses desde la valoración inicial) siendo las puntuaciones estadísticamente significativas con una $p < 0,001$.

En cuanto a los resultados entre los grupos referentes a "handgrip", perímetro de muslo e IMC no hay diferencias estadísticamente significativas en ninguna de sus variables (Tabla 4)

Los resultados de las valoraciones intragrupo se muestran en las Tablas 5 y 6 observando mejoras estadísticamente significativas en ambos grupos.

Por último, en la Figura 1 se muestran gráficamente la evolución de las principales variables en las tres mediciones.

Conclusiones

La realización de un programa de ejercicios pre y postoperatorio de ATR con bandas elásticas es eficaz para disminuir dolor y rigidez, para mejorar su capacidad funcional, equilibrio y velocidad de la marcha y por lo tanto su autonomía y calidad de vida.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Figuerola D, Calvo R, Villalón I, Tuca MJ, Vaisman A, Valdés M. Clinical factors and findings in knee arthroscopy of patients with knee arthrosis candidates for conversion to total replacement. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2013;57:263–7.
- Winter CC, Brandes M, Müller C, Schubert T, Ringling M, Hillmann A, et al. Walking ability during daily life in patients with osteoarthritis of the knee or the hip and lumbar spinal stenosis: a cross sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010;11:233.
- Jones CA, Voaklander DC, Johnston DW, Suarez-Almazor ME. Health related quality of life outcomes after total hip and knee arthroplasties in a community based population. *J Rheumatol*. 2000;27:1745–52.
- Carr AJ, Robertsson O, Graves S, Price AJ, Arden NK, Judge A, et al. Knee replacement. *Lancet*. 2012;379:1331–40.
- Lütznier J, Hübel U, Kirschner S, Günther K-P, Krummenauer F. Long-term results in total knee arthroplasty. A meta-analysis of revision rates and functional outcome. *Chirurg*. 2011;82:618–24.
- Meding JB, Meding LK, Ritter MA, Keating EM. Pain relief and functional improvement remain 20 years after knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470:144–9.
- Sánchez Ruiz E, Solans Domènech ME. Informes de evaluación de tecnologías sanitarias. *Inf Evaluación Tecnol Sanit Minist Sanidad, Serv Soc e Igual*. 2014;
- López-Liria R, Vega-Ramírez F, Catalán-Matamoros D, Padilla Góngora D, Martínez-Cortés M, Mesa-Ruiz A. Home care rehabilitation and physiotherapy in knee prosthesis. *An Sist Sanit Navar*. 2012;35:99–113.
- Ortega Andreu M, Barco Laako R, Rodríguez Merchán EC. Artroplastia total de rodilla. *Rev Ortop y Traumatol*. 2002;46:476–84.
- Fernandez Fairén M, Llopis R, Rodríguez A. El registro español de artroplastias. *Rev Ortop y Traumatol*. 2014;58:325–6.
- Kehlet H, Thienpont E. Fast-track knee arthroplasty: status and future challenges. *J Knee Surg*. 2013;20:29–33.
- Molko S, Dasí-Sola M, Marco F, Combalia A. Clinical practices for primary hip and knee arthroplasties in Spain: A national study. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2019;63:408–15.
- Clarius M, Nöth U. Fast-Track-Endoprothetik. *Orthopade*. 2020;49:289.
- Kim TK, Chang CB, Koh JJ. Practical issues for the use of tranexamic acid in total knee arthroplasty: A systematic review. *Knee Surg, Sport Traumatol Arthrosc*. 2014;22:1849–58.
- De Oliveira GSJ, Almeida MD, Benzon HT, McCarthy RJ. Perioperative single dose systemic dexamethasone for postoperative pain: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Anesthesiology*. 2011;115:575–88.
- Loftus T, Agee C, Jaffe R, Tao J, Jacobsky DJ. A simplified pathway for total knee arthroplasty improves outcomes. *J Knee Surg*. 2014;27(3):221–8.
- Charoencholvanich K, Siriwananaskul P. Tranexamic acid reduces blood loss and blood transfusion after TKA: a prospective randomized controlled trial. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469:2874–80.
- Andersen LØ, Husted H, Otte KS, Kristensen BB, Kehlet H. A compression bandage improves local infiltration analgesia in total knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2008;79:806–11.
- Gromov K, Kristensen BB, Jørgensen CC, Hansen TB, Kehlet H, Husted H. Fast-track total knee arthroplasty. *Ugeskrift for læger*. 2017. 179: 38–42.
- Busch CA, Shore BJ, Bhandari R, Ganapathy S, MacDonald SJ, Bourne RB, et al. Efficacy of periarticular multimodal drug injection in total knee arthroplasty. A randomized trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88:959–63.
- Jørgensen CC, Jacobsen MK, Soeballe K, Hansen TB, Husted H, Kjærsgaard-Andersen P, et al. Thromboprophylaxis only during hospitalisation in fast-track hip and knee arthroplasty, a prospective cohort study. *BMJ Open*. 2013;3:12–4.
- McDonald S, Page MJ, Beringer K, Wasiaik J, Sprowson A. Preoperative education for hip or knee replacement (review). Cochrane database of systematic reviews in the Cochrane collaboration. Published by John Wiley & Sons. 2015 p.19.
- Edwards PK, Mears SC, Lowry Barnes C. Preoperative education for hip and knee replacement: Never stop learning. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2017;10:356–64.
- Crowe J, Henderson J. Pre-arthroplasty rehabilitation is effective in reducing hospital stay. *Can J Occup Ther*. 2003;70:88–96.
- Chen H, Li S, Ruan T, Liu L, Fang L. Is it necessary to perform prehabilitation exercise for patients undergoing total knee arthroplasty: meta-analysis of randomized controlled trials. *Phys Sportsmed*. 2018;46:36–43.
- Huang S-W, Chen P-H, Chou Y-H. Effects of a preoperative simplified home rehabilitation education program on length of stay of total knee arthroplasty patients. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2012;98:259–64.
- Wang L, Lee M, Zhang Z, Moodie J, Cheng D, Martin J. Does preoperative rehabilitation for patients planning to undergo joint replacement surgery improve outcomes? a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ Open*. 2016;6:1–15.
- Topp R, Swank AM, Quesada PM, Nyland J, Malkani A. The effect of prehabilitation exercise on strength and functioning after total knee arthroplasty. *PM&R*. 2009;1:729–35.
- Theiss MM, Ellison MW, Tea CG, Warner JF, Silver RM, Murphy VJ. The connection between strong social support and joint replacement outcomes. *Orthopedics*. 2011;34:357.
- Paige SR, Black DR, Mattson M, Coster DC, Stellefson M. Plain language to communicate physical activity information: A Website Content Analysis. *Health Promot Pract*. 2019;20:363–71.
- Safeer RS, Keenan J. Health literacy: The gap between physicians and patients. *Am Fam Physician*. 2005;72:463–8.
- Tsukada Y, Matsuse H, Shinozaki N, Takano Y, Nago T, Shiba N. Combined application of electrically stimulated antagonist muscle contraction and volitional muscle contraction prevents muscle strength weakness and promotes physical function recovery after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Kurume Med J*. 2018;65:145–54.
- Volpi E, Nazemi R, Fujita S. Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2004;7:405–10.
- Greene KA, Schurman JR 2nd. Quadriceps muscle function in primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2008;23:15–19.
- Calatayud J, Casaña J, Ezzatvar Y, Jakobsen MD, Sundstrup E, Andersen LL. High-intensity preoperative training improves physical and functional recovery in the early post-operative periods after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25:2864–72.
- Mizner RL, Petterson SC, Stevens JE, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Preoperative quadriceps strength predicts functional ability one year after total knee arthroplasty. *J Rheumatol*. 2005;32:1533–9.
- Saleh KJ, Lee LW, Gandhi R, Ingersoll CD, Mahomed NN, Sheibani-Rad S, et al. Quadriceps strength in relation to total knee arthroplasty outcomes. *Instr Course Lect*. 2010;59:119–30.
- Guex K, Daucourt C, Borloz S. Validity and reliability of maximal-strength assessment of knee flexors and extensors using elastic bands. *J Sport Rehabil*. 2015;24:151–5.

39. Ojeda C, Delgado A, Macule F. Patología degenerativa de la rodilla. Artroplastia de rodilla. *Cir Ortop Traumatol*. 2012;664–76.
40. Rodrigo A, Rueda C, Reina AE, Antonio C, Fernández C. *Artrosis de rodilla y alternativas de tratamiento*. Capítulo 81 en Manual SECOT. 2014;388–91.
41. Baron G, Tubach F, Ravaud P, Logeart I, Dougados M. Validation of a short form of the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index function subscale in hip and knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 2007;57:633–8.
42. Lauretani F, Ticinesi A, Gionti L, Prati B, Nouvenne A, Tana C, et al. Short-Physical performance battery (SPPB) score is associated with falls in older outpatients. *Aging Clin Exp Res*. 2019;31:1435–42.
43. Pavasini R, Guralnik J, Brown JC, di Bari M, Cesari M, Landi F, et al. Short physical performance battery and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis. *BMC Med*. 2016;14:215.
44. España-Romero V, Ortega FB, Vicente-Rodríguez G, Artero EG, Rey JP, Ruiz JR. Elbow position affects handgrip strength in adolescents: validity and reliability of Jamar, DynEx, and TKK dynamometers. *J strength Cond Res*. 2010;24:272–7.
45. Oteo JA, Benavente P, Garzón M. Valores normativos de la fuerza de puño en la población española en edad laboral. Influencia de las variables antropométricas de la mano y el antebrazo. *Rev Iberoam Cirugía la Mano*. 2015;43:104–10.
46. Medina FS. Metodología y fiabilidad de la medición del perímetro de muslo. *Act Física y Desarro Hum*. 2013;4:150–4.
47. Page PA, Labbe A, Topp R V. Clinical force production of thera-band elastic bands. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2000;30:47-48.
48. Bandas de resistencia Thera-Band Biolaster. Consultado 20/09/23 disponible en <https://www.biolaster.com/productos/banda-de-resistencia-thera-band/>

Promoción del AOVE como ayuda ergogénica en el deportista

Laura Gil-Caselles

Facultad Ciencias del Deporte. Campus Mare Nostrum. Universidad de Murcia.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00167

Recibido: 23/04/2023
Aceptado: 20/03/2024

Resumen

El aceite de oliva virgen extra (AOVE) es una de las grasas más saludables y naturales que podemos aportar a nuestro organismo. El AOVE es uno de los principales alimentos de la dieta mediterránea, y por tanto, su consumo está recomendado científicamente, ya que, se le atribuyen multitud de beneficios, como por ejemplo; mayor longevidad, menor riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, cáncer e incluso deterioro cognitivo. Pero además de estos beneficios, se está demostrando cada vez más su relación directa con el rendimiento deportivo gracias a sus componentes: ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados, vitaminas. El objetivo de este trabajo es promocionar el AOVE en deportistas como una ayuda ergogénica, para aumentar su consumo para siendo la principal grasa de adicción en la dieta del deportista y observar la relación directa con el rendimiento deportivo.

El método utilizado es una búsqueda bibliográfica para conocer la relación y los efectos del AOVE en rendimiento deportivo y poder destacar su gran capacidad antiinflamatoria y antioxidante, junto con un estudio experimental en corredores.

En conclusión, los efectos del consumo de AOVE son considerados como una ayuda ergogénica en los deportistas, más concretamente para los corredores, y su relación directa con el rendimiento hace que se deba promover su consumo para que todos puedan beneficiarse de la grasa dorada.

Palabras clave:

Aceite de oliva virgen extra.
Rendimiento deportivo.
Ayuda ergogénica. Deportistas.

Promotion of EVOO as an ergogenic aid for athletes

Summary

Extra virgin olive oil (EVOO) is one of the healthiest and most natural fats that we can provide to our body. EVOO is one of the main foods in the Mediterranean diet, and therefore, its consumption is scientifically recommended, since a multitude of benefits are attributed to it, such as; greater longevity, lower risk of cardiovascular disease, cancer and even cognitive decline. But in addition to these benefits, its direct relationship with sports performance is increasingly being demonstrated thanks to its components, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, and vitamins. The objective of this work is to promote EVOO in athletes as an ergogenic aid, to increase its consumption to be the main addictive fat in the athlete's diet and observe the direct relationship with sports performance.

The method used is a bibliographic search to know the relationship and effects of EVOO on sports performance and to highlight its great anti-inflammatory and antioxidant capacity, together with an experimental study in runners.

In conclusion, the effects of consuming EVOO are considered an ergogenic aid in athletes, more specifically for runners, and its direct relationship with performance means that its consumption must be promoted so that everyone can benefit from the golden fat.

Key words:

Extra virgin olive oil.
Sports performance.
Ergogenic aid. Athletes.

Correspondencia: Laura Gil-Caselles
E-mail: laura_gil_8@hotmail.com

Introducción

Nuestro cuerpo necesita nutrientes para mantenerse sano. Cada uno de estos nutrientes se obtiene de distintos alimentos, y cada uno de ellos aporta una función a nuestro organismo.

El aceite de oliva virgen extra, también conocido como "oro líquido", es una grasa saludable¹. Se obtiene exclusivamente de las aceitunas o fruto del olivo (*Olea europea*). Según el Consejo Oleícola Internacional, COI², presenta un alto porcentaje de ácido oleico, vitamina E y fitosteroles que se obtiene a través de procesos mecánicos en el primer prensado que se realiza en frío, y por ello, no pierde ninguna de sus propiedades aun siendo un alimento procesado. Además, en su composición destaca su alto porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados y compuestos fenólicos, que aportan una importante gran capacidad antioxidante³.

Hemos de ser conscientes hoy en día de la importancia de la nutrición, y tenemos que consumir alimentos naturales para llevar una dieta saludable, variada y equilibrada. Según De Pablo *et al.*⁴, el aceite de oliva es un alimento de gran importancia y enorme valor biológico, que además administrado de forma habitual posee propiedades protectoras e inmunes. Por esta razón debemos promover el consumo de productos que sean beneficios para nuestro desarrollo, y el aceite de oliva virgen extra (AOVE) es uno de ellos.

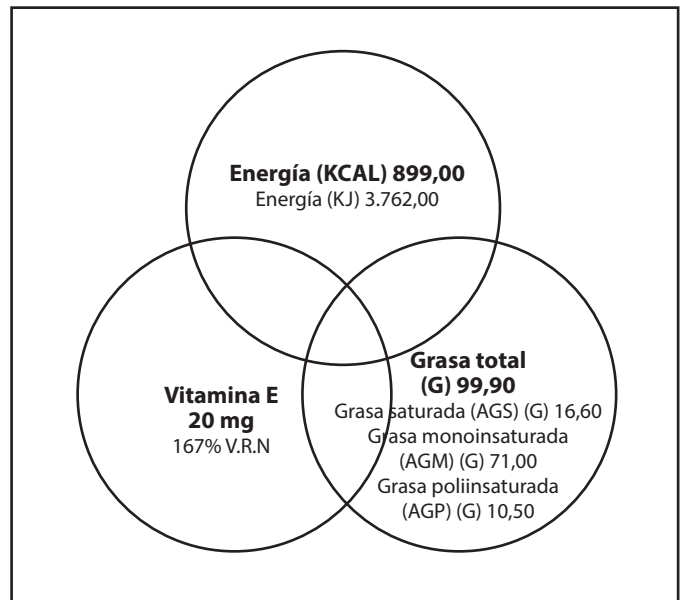
Numerosos estudios muestran cómo la ingesta de AOVE tiene beneficios en la prevención y/o reducción de algunas patologías como: hipercolesterolemia, aterosclerosis, hipertensión, obesidad, diabetes tipo 2, estrés oxidativo, enfermedades inflamatorias, cardiovasculares y cáncer^{5,6}, y por esta razón tenemos que introducirlo en nuestra alimentación y/o aumentar su ingesta evitando así consumir otro tipo de grasas más perjudiciales y menos nutritivas.

La dieta mediterránea (DMed) es considerada como una de las dietas con mayor evidencia científica⁷. El MedDiet es un modelo de alimentación saludable que utiliza al aceite de oliva virgen extra como componente principal⁸. Ros *et al.*, en su estudio indican que cada vez más la comunidad científica sigue interesada en estudiar su rol preventivo y de degenerativo para tratar diversas patologías asociadas a inflamación crónica, como síndrome metabólico (SM), diabetes, enfermedad cardiovascular (ECV), enfermedades neurodegenerativas y cáncer, entre otras⁹⁻¹¹.

En las últimas décadas, el número de publicaciones en el tema ha crecido en forma exponencial, alcanzando cerca de 500 artículos en Pubmed en el año 2014.

Con lo cual, la dieta mediterránea basada en la ingesta de AOVE¹², junto con otros alimentos saludables como las frutas, verduras y hortalizas, mejora la salud en la población general. Casas *et al.*, Capó *et al.* & Esquiús *et al.*, entre otros, estudian evidencias científicas en relación al consumo de AOVE y el rendimiento en deportistas¹³⁻¹⁵, aunque ya conocemos algunos beneficios como favorecer el control de peso (tiene efecto saciante), proteger nuestros huesos y articulaciones, tiene efecto antiinflamatorio y sobre todo contiene vitamina E y polifenoles que tiene efecto antioxidante y que es un factor muy importante para los corredores. Además, su consumo podría ser muy beneficioso para este tipo de deportistas puesto que gracias a sus múltiples propiedades ayudarán al corredor en su vida deportiva.

Figura 1. Composición aceite de oliva virgen extra.



Según la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD), la calidad de la grasa dietética tiene una profunda influencia sobre la salud, y por ello, debemos sustituir ácidos grasos saturados (AGS) por monoinsaturados (AGM). La composición del aceite de oliva nos aporta un 98% de grasa monoinsaturada, y además vitamina A (carotenos), antioxidantes (fenólicos y clorofilas), vitamina E (tocoferoles) y esteroides (absorción intestinal del colesterol), entre otros. Con el aceite de oliva consumimos un producto con alto contenido en vitaminas, ácidos grasos esenciales y antioxidantes naturales que harán que el deportista pueda funcionar correcta y enérgicamente. El objetivo de este artículo es: promocionar el consumo de AOVE como ayuda ergogénica aceite de oliva virgen extra en deportistas de resistencia para la mejora del rendimiento, más concretamente; Identificar los hábitos nutricionales de un grupo de corredores de media distancia en relación al consumo de AOVE; Observar el rendimiento de corredores de media distancia mediante una dieta basada en AOVE; Establecer pautas alimentarias con aumento de consumo de AOVE para mejorar el rendimiento en un grupo de corredores. Por todo ello, algunas de las preguntas que nos planteamos son:

- ¿De qué manera podemos utilizar el aceite de oliva virgen extra como factor para el rendimiento de un deportista?
- ¿Qué beneficios aporta su consumo al deportista en cuanto a su condición física?
- ¿Qué dosis de AOVE es necesaria para mejorar el rendimiento y salud en deportistas?
- ¿Cómo promovemos su consumo en los deportistas?

Cabe añadir que el AOVE ha demostrado tener múltiples beneficios, no solo como complemento nutricional, sino como un factor que puede aumentar el rendimiento del deportista. Por todo ello, este estudio quiere promocionar su consumo como ayuda ergogénica en corredores

de media distancia y demostrar su ayuda en el rendimiento. El AOVE es muy saludable y beneficioso para el deportista de resistencia y por ende debe ser imprescindible en su dieta.

Material y método

En primer lugar, se ha realizado una búsqueda bibliográfica utilizando la información procedente de libros, bases de datos, páginas webs y artículos actuales que incluyeran datos sobre el consumo de aceite de oliva y su relación con el rendimiento del deportista.

Las bases de datos utilizadas han sido:

- Cuiden Plus. Es una base de datos bibliográfica con documentos sobre cuidados de salud de origen iberoamericano. Su acceso es exclusivo a suscriptores.
- Pubmed. Base de datos que contiene literatura biomédica procedente de Medline, revistas científicas y libros online.
- Researchgate. Red social de internet para usuarios de cualquier disciplina de la ciencia. Tiene una gran base de datos y ofrece búsqueda de artículos de revistas científicas entre otras de sus funciones.
- MedlinePlus. Base de datos producida por la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. Su información proviene de los Institutos Nacionales de Salud, con citas de revistas y resúmenes de bibliografía biomédica de todo el mundo.
- Además de las anteriores bases de datos se ha utilizado el buscador Google Académico.

Se realizó una búsqueda en castellano e inglés, en torno a 3 términos clave: aceite de oliva virgen extra y rendimiento (*Extra virgin olive oil performance*); AOVE y beneficios (*EVOO and benefits*); y aceite de oliva ergogénica (*Olive Oil ergogenic*). Además, también se combinó el AOVE con "polifenoles" (*polyphenols*), "Oleocantal" (*Oleocanthol*), "Antioxidante" (*Antioxidant*), "Anti Inflamatorio" (*anti-inflammatory*), "Deporte y aceite de oliva" (*Sport olive oil*), "efectos del aceite de oliva" (*effect of olive oil*). Se obtuvieron un resultado de 135 artículos, de los cuales se realizó una revisión sistemática para recopilar y sintetizar evidencia científica sobre el consumo de AOVE y su relación con el rendimiento, resumiendo y evaluando los estudios disponibles.

La selección se ha realizado teniendo en cuenta:

- Criterios de búsqueda: Evidencias sobre el consumo del AOVE y el rendimiento; Beneficios del consumo de AOVE en el deportista.
- Artículos que tengan homogeneidad para realizar un análisis cuantitativo "metaanálisis", y visualizar e interpretar los resultados obtenidos para llegar a conclusiones.
- Los criterios de inclusión utilizados para la revisión:
 - Fecha: desde 2015 hasta la actualidad.
 - Artículos que hagan referencia al consumo de AOVE como ayuda ergogénica.
 - Que exista un grupo de intervención con AOVE y un grupo control.
 - Los sujetos deben practicar deporte de manera habitual.

Las variables de estudio es conocer si existe relación entre el AOVE y el rendimiento y considerar su consumo como una ayuda ergogénica para los deportistas. Por ello, el presente trabajo trata de demostrar la relación que existe entre el consumo de AOVE y el rendimiento para

poder establecer un consumo adecuado que sirva de ayuda ergogénica en los deportistas.

Diseño del programa o intervención

El presente trabajo es un estudio transversal, cuasi-experimental. Las variables a medir son:

- El consumo de AOVE.
- El rendimiento deportivo.

Herramientas de medida

En primer lugar, se administró una encuesta nutricional a 30 deportistas de resistencia amateur (mujeres y hombres) de nivel medio-alto con un dietario semanal de diseño propio, para conocer sus hábitos alimenticios y ver con qué frecuencia consumen grasas, aceite de oliva u otros tipos de aceites.

Una vez realizada las encuestas y recogida la información, se procedió a analizar los resultados y se estableció unas pautas para los deportistas encuestados, con el objetivo de cambiar sus hábitos alimentarios y eliminar todo tipo de grasa no beneficiosa que consuman y proceder a cambiarla por el consumo de aceite de oliva virgen extra como grasa principal beneficiosa y nutritiva.

Con este estudio ayudaremos a que el objetivo principal del mismo pueda llevarse a cabo y que el AOVE sea una ayuda ergogénica muy importante a considerar en la dieta de un deportista.

Población diana

La muestra consta de 30 corredores (mujeres y hombres) y un grupo de control (30 corredores) que practican *running* y *trail running* de media distancia (10 - 21 km).

Criterios de inclusión y exclusión

- Los criterios de inclusión son:
 - Edad comprendida entre 25-45 años.
 - Deporte practicado sea media distancia de *running* y *trail running*.
 - Entrenar al menos 3 a 4 días a la semana con un nivel de entrenamiento amateur-alto.
 - Tener una lesión o enfermedad que pueda interferir en los resultados.
- Los criterios de exclusión son:
 - No tener la edad requerida
 - No realizar *running* o *trail running*.
 - No entrenar al menos 3 días a la semana.
 - No querer participar en el estudio.
 - Tener una lesión o enfermedad que pueda interferir en los resultados.

El protocolo de reclutamiento de los participantes se realizará mediante un pre-cuestionario donde se recogerá información de los hábitos alimenticios, entrenamiento, intensidad, y hábitos de consumo de AOVE con el consentimiento informado de la protección y recogida de datos.

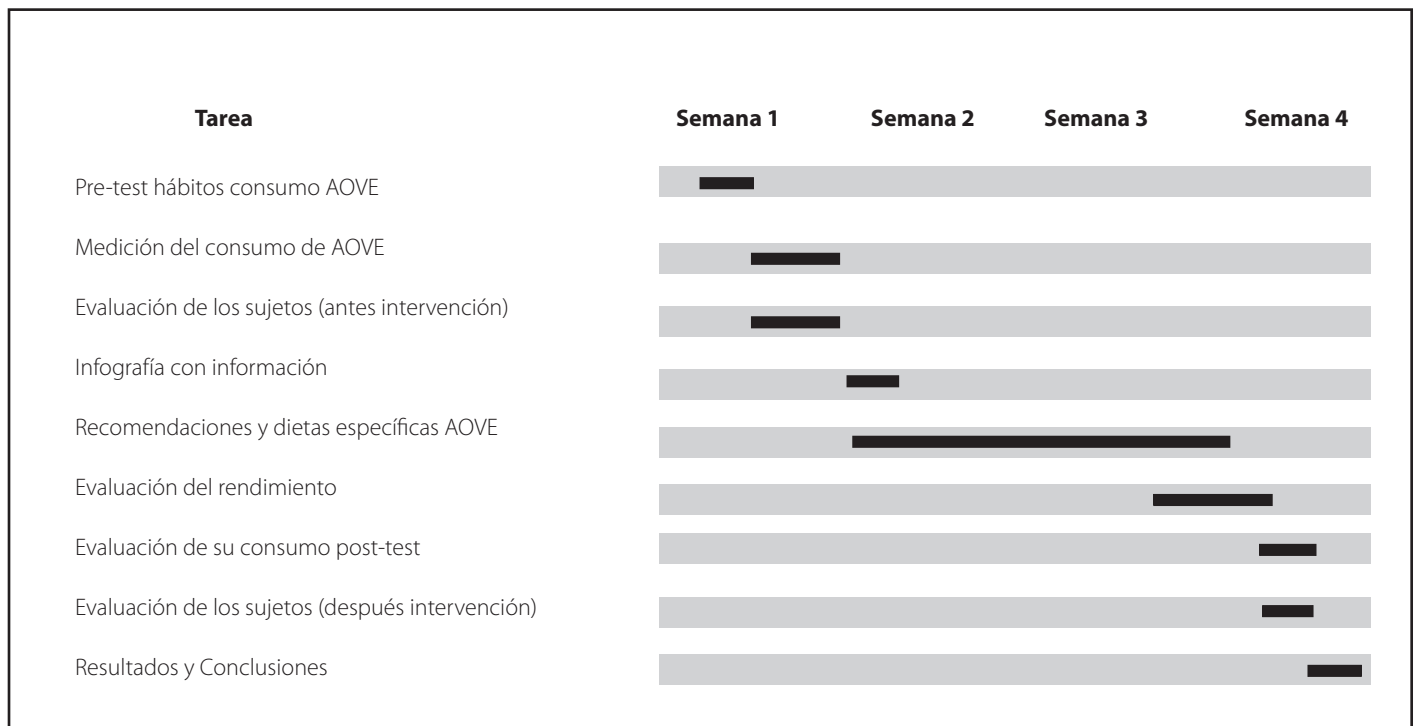
Actividades a realizar

- La intervención se desarrollará durante el mes de enero de 2021.
- Se medirán las siguientes variables mediante un cuestionario *online* de elaboración propia pre-post intervención:
 - Datos sociodemográficos.
 - Hábitos alimentarios.
 - Nivel de actividad física o deporte.
- Hábitos de consumo de AOVE.
- Una vez obtenidos los resultados, se realizará una infografía con información acerca de los beneficios del consumo de AOVE que posteriormente se les facilitará a los deportistas en cuestión para que conozcan sus beneficios y cómo podría cambiar su rendimiento si aumentarán su consumo.
- Según los datos del estudio Predimed, para obtener beneficios de este alimento y su cantidad sea equilibrada con la dieta mediterránea, son suficientes unos 40 mililitros de AOVE (unos 37 gramos) al día, aunque elevaremos su consumo puesto que estos datos son para población general y los requerimientos energéticos de los corredores aumentan y por ende todos sus aportes.
- El consumo recomendado para ver un cambio significativo esta entre 40-50 ml diarios de consumo de AOVE que tendrán que ingerir durante 20 días para comprobar su efecto a corto plazo y poder observar que su consumo es beneficioso y ayuda al rendimiento del deportista, por tanto. El estudio *Olive Oil Consumption and Cardiovascular Risk in U.S. Adults*, publicado en el *Journal of the American College of Cardiology*, por el doctor Miguel Angel Martínez

(Coautor del estudio Predimed) afirma la cantidad de consumo de este alimento y pauta su ingesta como grasa de adicción principal saludable.

- La dieta establecida al grupo de intervención basada en AOVE, consistirá en una dieta semanal basada en el consumo de Aove como grasa principal y exclusiva. Esta dieta estará adaptada a las necesidades energéticas y nutricionales de los corredores, y por tanto también la utilizaremos como fuente de energía. El grupo de control seguirá con su alimentación habitual sin añadir ningún alimento que no utilice normalmente. Gracias a la pauta dietética, el consumo de AOVE se verá aumentado y en consecuencia se convertirá en la grasa de adicción principal y, en consecuencia, se modificarán los hábitos alimenticios en cuanto al consumo de grasa siendo el AOVE la grasa que utilizarán en exclusiva.
- Seguidamente, se realiza un post-test del consumo de AOVE con nuevos ítems para ver los resultados que han experimentado los sujetos durante el periodo de recomendaciones e ingesta del AOVE como grasa principal y por tanto, se volverá a recoger información para analizar y establecer la evaluación y resultados del mismo.
- Por último, se evaluarán los resultados de los corredores en cuanto a la percepción de la ingesta de AOVE y su relación con el rendimiento, que se medirá a través de pruebas de esfuerzo con el "test de Cooper" y/o demás herramientas que hemos de aplicar para evaluar el impacto de la intervención e ingesta de AOVE para el rendimiento del deportista.

Figura 2. Cronograma. Enero, 2021.



Recursos necesarios y presupuesto

Los recursos necesarios para la realización de esta intervención son:

Recursos humanos: La investigadora/ alumna que realiza el TFM y el grupo de muestra provenientes de la comarca de la Vega Baja (Alicante) y en su mayoría del C.A Vega Fibra (Orihuela – Alicante).

Recursos materiales:

- Material fungible: bolígrafos, folios, lápices.
- Material no fungible: ordenador, teléfono, *tablet*.
- Otros recursos: revisión bibliográfica.
- Presupuesto: el coste de los recursos es cero, todo se realiza de manera *online* y sin coste alguno. Se utilizan los recursos digitales para la promoción del AOVE toda la información y *feedback* recogido y generado se realiza a través de aplicaciones digitales y/o correo electrónico. Por tanto, esta campaña de promoción no supondrá ningún gasto.

Consideraciones éticas

En este trabajo se respeta la libertad de participación en el estudio, para lo que será preciso en el test que todas las personas presten su consentimiento informado y marquen la autorización para que se traten los datos personales de cada uno de los participantes de acuerdo a la finalidad que se ha descrito.

“Ley Protección de Datos. De acuerdo con lo establecido en el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos y garantía de los digitales, el artículo 39; informamos que sus datos proporcionados en este formulario serán incluidos en un fichero automatizado, del que es titular la investigadora Laura Gil Caselles. El tratamiento de los datos se utilizará para el trabajo de investigación sobre el AOVE y rendimiento deportivo. Los datos se guardarán el tiempo imprescindible para llevar a cabo la actividad descrita y sólo podrán ser cedidos a terceros en aquellos casos en que sea necesario para el cumplimiento de las obligaciones legalmente establecidas. Le informamos que en cualquier momento podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión y oposición, así como de otros derechos, tal y como se explica con la información adicional. Marca AUTORIZO expresamente a Laura Gil Caselles, a tratar mis datos personales incluidos en este cuestionario con la finalidad descrita.”

Además, la confidencialidad de la información de los participantes y la custodia de los datos recogidos de acuerdo con lo establecido en: a. Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de regulación del tratamiento automatizado de datos de carácter personal. <http://www.boe.es/boe/dias/1999/12/14/pdfs/A43088-43099.pdf> b. Real Decreto 994/1999 de 11 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de medidas de seguridad de los ficheros automatizados que contengan datos de carácter personal.

Plan de evaluación de la intervención

La evaluación de este proyecto se hará recabando información del consumo de aceite de oliva virgen extra de un grupo de corredores de *Running* y *Trail Running* amateur.

En primer lugar, se realizará una evaluación inicial o pre-test con 21 preguntas de diseño propio, basadas en el cuestionario validado de consumo de adherencia a la dieta mediterránea del estudio Predimed²⁸ que servirán para conocer el consumo e ingesta de AOVE en los deportistas, y tener una base inicial para evaluar los hábitos de AOVE en este grupo de estudio.

Una vez realizado el cuestionario y tras la comprobación del cumplimiento de los criterios de inclusión se aporta información al sujeto de los beneficios y relación del consumo de AOVE con el rendimiento, se proseguirá con la investigación y promoción del AOVE como ayuda ergogénica en el rendimiento deportivo.

Posteriormente, una vez conocidos los hábitos de consumo, se establecerá una campaña de promoción con material e información necesaria para promover su consumo y dar a conocer sus beneficios como ayuda ergogénica en el rendimiento deportivo.

Además, se debe de tener en cuenta en la evaluación algunas variables que se pueden producir y pueden afectar al rendimiento. Algunos de los factores son el sueño, nivel de AF, evitar consumo de tóxicos, factores ambientales (aire, viento, humedad, temperatura,..), psicológicos,... Por tanto, debemos establecer un protocolo de recomendación para llevar a cabo durante la intervención del AOVE:

- Dormir entre 8-10 horas diarias.
- Establecer un nivel de AF adecuado al sujeto; entrenamiento de 3-4 días a la semana con intensidad moderada, no añadiendo cargas extras ni aumentando la intensidad media durante el estudio.
- Evitar consumo de alcohol, tabaco, y otros elementos nocivos para el deportista que puedan minimizar su rendimiento y por tanto verse afectado su evaluación.
- Controlar y conocer si existe algún factor psicológico que pueda ser limitante en el rendimiento del deportista y por ende también en el presente estudio.
- Valorar los factores ambientales si estos son producidos de manera brusca o si se está entrenando en condiciones y ambiente diferentes.

Por otro lado, se establecerá un grupo control de los participantes en el estudio para comparar entre ambos. Se evaluarán ambos grupos (Grupo experimental y Grupo control) ya que debemos comparar el rendimiento del grupo que está consumiendo AOVE para aumentar su rendimiento y otro grupo (control, que lo utilizaremos para comparar y realizará la misma actividad, pero sin el consumo de AOVE. Con esto podremos establecer además si existen consideraciones significativas y cambios gracias a su consumo.

Para medir el rendimiento deportivo utilizaremos una prueba de esfuerzo, en este caso vamos a realizar el “test de Cooper”¹⁰, para medir el VO_{2max} del deportista y así conocer la cantidad de oxígeno que consume y transporta el deportista a sus músculos.

El test de Cooper consiste en correr en un terreno plano durante 12 minutos en esfuerzo máximo. Para conocer el resultado debemos realizar una ecuación: $VO_{2max} (ml/kg/min) = (22.351 \times \text{distancia recorrida (km)}) - 11.288$.

Los efectos beneficiosos del aceite de oliva se observan a nivel sistémico, sus beneficios no pueden medirse con precisión a través de los valores máximos y umbrales de parámetros fisiológicos.

Por tanto, podemos determinarlo a través de variables que nos aporten cambios en el sistema fisiológico o controlar y ver los marcadores fisiológicos aeróbicos específicos como la absorción máxima de oxígeno (VO_{2max}) para obtener cambios significativos.

Para evaluar nuestra intervención y ver si se producen cambios significativos, debemos establecer un grupo control. Además utilizaremos herramientas para medir el rendimiento (test de Cooper), en el que controlaremos la frecuencia cardíaca (FC) y frecuencia cardíaca máxima (FCM) para conocer la intensidad y esfuerzo del deportista. Hemos de ser conscientes de que los parámetros de mejora en el consumo de AOVE se obtendrán mediante variables fisiológicas del deportista. El AOVE se introducirá en la dieta como un suplemento que ayuda al deportista por su efecto antioxidante que ayuda en la oxidación de los radicales libres producidos por el ejercicio, a minimizar el daño muscular por su efecto antiinflamatorio y eso se verá reflejado en el rendimiento del deportista.

Otro de los puntos evaluables del diseño de intervención consistirá en realizar una serie de recomendaciones a los deportistas en el que además, se pautará un modelo de dieta personalizada basada en el consumo de AOVE que se evaluará con la post-intervención, ya que, esta servirá para mejorar sus hábitos y conseguir de manera eficaz y eficiente aumentar el rendimiento del deportista demostrando su ayuda ergogénica para la práctica deportiva. Y, por último, se llevará a cabo una evaluación final para analizar los resultados. Mediante un cuestionario (post-test) se conocerá la percepción de los encuestados sobre el consumo de AOVE, aunque esta evaluación es mucho más compleja, ya que, hemos de analizar toda la información recogida durante todo el proceso de intervención pre-post, realizar estadísticas paramétricas comparando ambos grupos (grupo de consumo y el grupo de control) y además, debemos plantear las conclusiones y/o beneficios pertinentes incluyendo posibles alternativas y líneas futuras de investigación.

Aplicabilidad de la intervención

Este proyecto quiere dar a conocer los beneficios del consumo del AOVE en los deportistas, aunque ya se conocen sus múltiples beneficios en la salud de la población general como; prevención de enfermedades cardiovasculares, mejora el retraso de enfermedades, previene la diabetes y algunos tipos de cáncer, disminuye el colesterol malo... etc. Y por ello, dados sus efectos beneficios a nivel general hemos investigado como su consumo también puede ser beneficioso en el deportista, y además que pueda ser considerado como una ayuda ergogénica.

Las ayudas ergogénicas son definidas como cualquier estrategia o método (nutricional, físico, psicológico, etc.) que se aporta y/o realiza en el deportista con el objetivo de mejorar el rendimiento deportivo. En este caso con la ayuda del AOVE se pretende dar visibilidad a los beneficios de su consumo, ya que aporta suficientes beneficios para el aumento del rendimiento del deportista y es que el rendimiento del deportista se verá afectado de diferente manera dado a su consumo ya que se ha podido observar que existe una mejora sobre todo como ayuda ergogénica.

Por otro lado, el consumo de AOVE no es un indicador directo para bajar el tiempo en carrera, pero sí lo hará porque ayuda a nivel fisiológico y por ello podemos observar como su efecto en el organismo beneficia al deportista cuando realiza actividad física en su VO_2 , veremos por

tanto cómo mejorará sus tiempos gracias a su efecto antiinflamatorio que repara el daño muscular, y ayudará a disminuir los radicales libres provocados por el ejercicio y que son un efecto limitante del rendimiento y consumiendo AOVE lo aporta y lo combate gracias a su efecto antioxidante, y que en general, protegerá y cuidará la vida del deportista tanto haciendo deporte como haciendo vida normal.

Las acciones de futuro que se proponen son las siguientes:

- Aumentar la promoción del consumo de AOVE como grasa de adicción en deportistas de resistencia.
- Demostrar clínica y científicamente como su consumo afecta de manera directa al rendimiento mediante los procesos fisiológicos que se producen al hacer actividad física.
- Proporcionar el AOVE como suplemento dietético y/o ayuda ergogénica.
- Pautar las dosis recomendadas para diferentes modalidades deportivas que puedan requerir más o menos ingesta de grasas.
- Utilizar además el AOVE como fuente de energía sobre todo en estrategias alimentarias como dieta hipoglucémicas y entrenamiento en ayunas.

Conclusiones

El AOVE es un alimento muy importante en nuestra dieta. Es una grasa vegetal muy saludable con multitud de beneficios para la salud: Su aporte nutricional es de 822 kcal (por 100 ml) que nos aporta mucha energía, sobre todo para el deportista. Si combinamos el AOVE con el deporte podemos comprobar, que su ingesta es beneficiosa para el deportista por las siguientes razones:

- El ácido oleico ayuda a reducir los niveles de colesterol en sangre.
- Su efecto antioxidante ayuda al deportista para combatir los radicales libres producidos por el ejercicio y se aumentará la creación de mitocondrias, por tanto, el deportista aumentará su energía. Además también reducirá y prevendrá multitud de enfermedades gracias a este componente.
- Vitamina E. Disminuye el daño muscular producido por el ejercicio, además de proteger los músculos. Es un factor de rendimiento deportivo indirecto. Su carencia puede limitar el rendimiento generando distrofia muscular, anemia, etc.
- Omega 3. Su contenido en Omega 3 ayuda en la ganancia muscular.
- Compuestos fenólicos: como el oleocanthal un antiinflamatorio natural no esteroideo muy beneficioso para el deportista. 40 ml de AOVE equivalen a 250 mg de Ibuprofeno. Como consecuencia, el deportista reducirá el dolor muscular tras el ejercicio y tendrá una mayor y rápida recuperación.

Por todo ello, el AOVE es considerado un alimento primordial en la dieta del deportista, y gracias a sus beneficios es considerada una ayuda ergogénica, porque gracias a su consumo el deportista logrará aumentar su rendimiento y ayudar a su metabolismo a nivel fisiológico.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Peyrol J, Riva C, Amiot MJ. Hydroxytyrosol in the prevention of the metabolic syndrome and related disorders. *Nutrients*. 2017;9:306.
2. Standard applying to olive oils and olive-pomace oils. COI/T. 15/NC No 3/Rev. 11. Madrid: Consejo Oleícola Internacional. 2016.
3. Panel E, Nda A. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive and protection of LDL particles from oxidative damage. Maintenance of normal blood HDL cholesterol concentrations. 1638;9.
4. De Pablo MA, Puertollano MA, Álvarez de Cienfuegos G. Olive oil and immune system functions: potential involvement in immunonutrition. *Grasas aceites*. 2004;55:146.
5. Ciceralo S, Lucas J, Keast RSJ. Oleocanthal: A naturally occurring anti-inflammatory agent in virgin olive oil. In: Boskou D, editor. Olive oil - constituents, Quality, health properties and bioconversions. *InTech*; (revista electrónica) 2012. p.357-74 (consultado 13/03/2024). Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/olive>.
6. Zamora Ardoy MA, Bñez Sánchez F, Bñez Sánchez C, Alaminos García P. Aceite de oliva: influencia y beneficios sobre algunas patologías [Olive oil: influence and benefits on some pathologies]. *An Med Interna*. 2004;21:138-142.
7. Arpón A, Milagro FI, Razquin C, Corella D, Estruch R, Fitó M, et al. Impact of consuming extra-virgin olive oil or nuts within a mediterranean diet on DNA methylation in peripheral white blood cells within the PREDIMED-Navarra randomized controlled trial: a role for dietary lipids. *Nutrients*. 2017;10.
8. Gaforio JJ, Visioli F, Alarcón-de-la-Lastra C, Castañer O, Delgado-Rodríguez M, Fitó M, et al. Virgin olive oil and health: summary of the III international conference on virgin olive oil and health consensus report, Jaen (Spain) 2018. *Nutrients*. 2019;11:2039.
9. Ros E. The PREDIMED study. *Endocrinol Diabetes Nutr*. 2017; 64: 63-66.
10. Aparicio-Soto M, Sánchez-Hidalgo M, Rosillo MÁ, Castejón ML, Alarcón-de-la-Lastra C. extra virgin olive oil: a key functional food for prevention of immune-inflammatory diseases. *Food funct*. 2016;7:4492-505.
11. Clin N, Sánchez-Rodríguez E, Mesa M, Sánchez-Rodríguez MD, María E, García M. Compuestos bioactivos del aceite de oliva virgen. *Nutr Clin Med*. 2018 (consultado 21/04/2019);XII:80-94. Disponible en: www.nutricionclinicaenmedicina.com
12. García-Gavilán JF, Bulló M, Canudas S, Martínez-González MA, Estruch R, Giardina S, et al. Extra virgin olive oil consumption reduces the risk of osteoporotic fractures in the PREDIMED trial. *Clin Nutr*. 2018;37:329-35.
13. Casas R, Estruch R, Sacanella E. The protective effects of extra virgin olive oil on immune-mediated inflammatory responses. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets*. 2017;18:23-35.
14. Capó X, Martorell M, Busquets-Cortés C, Sureda A, Riera J, Drobnic F, et al. Effects of dietary almond- and olive oil-based docosahexaenoic acid- and vitamin E-enriched beverage supplementation on athletic performance and oxidative stress markers. *Food Funct*. 2016;7:4920-34.
15. Esquiú L, García-Retortillo S, Balagué N, Hristovski R, Javierre C. Physiological and performance-related effects of acute olive oil supplementation at moderate exercise intensity. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019;16:12.
16. Carretto V, Cuerdo P, Dirienzo G, di Vito V. Aceite de oliva: beneficios en la salud. *Invenio: Revista de investigación académica*. 2002;141-9.

Entrenamiento pliométrico con restricción del flujo sanguíneo y potencia muscular de adultos no entrenados

Roberto C. Rebolledo-Cobos¹, Emerson Navarro-Castillo², Yoly Yepes-Charris³, Eulalia Amador Rodero⁴, Jerri Luiz Ribeiro⁵, Thiago Rozales Ramis⁵, Moacir Marocolo⁶, André de Assis Lauria⁷, Bruno C. Teixeira⁸

¹Fisioterapeuta. Magíster en Actividad Física y Salud. Programa de Fisioterapia. Universidad Metropolitana. Barranquilla-Colombia. ²Fisioterapeuta. Programa de Fisioterapia. Universidad Libre. Barranquilla-Colombia. ³Fisioterapeuta. Doctora en Neurociencia Cognitiva Aplicada. Programa de Fisioterapia. Universidad Metropolitana. Barranquilla-Colombia. ⁴Fisioterapeuta. Doctora en Investigación en Ciencias de la Salud. Programa de Fisioterapia. Universidad Libre. Barranquilla-Colombia. ⁵Profesional en Educación Física. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. ⁶Profesional en Educación Física, Universidad Federal de Juiz de Fora. ⁷Profesional en Educación Física. Universidad del Estado de Minas Gerais. ⁸Profesional en Educación Física. Doctor en Ciencias del Movimiento Humano. Universidad del Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00168

Recibido: 26/06/2023
Aceptado: 21/03/2024

Resumen

Introducción: El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (ERF) estimula la ganancia de fuerza y masa muscular. Es eficiente en modalidades de baja carga semanal de entrenamiento. No se ha dilucidado el entrenamiento con restricción de flujo puedan tener influencia en la potencia muscular, tampoco su utilidad en el entrenamiento pliométrico. El desarrollo de la potencia es un indicador clave de salud y funcionalidad del ser humano.

Objetivo: Comprobar el efecto del entrenamiento pliométrico de baja carga con o sin restricción del flujo sanguíneo en la ganancia de potencia muscular medida a través de saltos verticales de individuos varones, sanos y no entrenados.

Material y método: Se plantea un estudio cuasiexperimental, en 18 hombres adultos sanos sin entrenamiento de la fuerza previo. Fueron divididos en dos grupos, un grupo realizó dos sesiones semanales por cuatro semanas de ejercicios pliométricos con restricción de flujo, grupo ERF (n = 9; 22,77 ± 5,11 años) y otro con ejercicios pliométricos convencionales, grupo EC (n = 9; 21,66 ± 4,21 años). Previa a la distribución en grupos se realizó una caracterización antropométrica. Antes y después de protocolo de entrenamiento fueron medidas la fuerza máxima (*leg press* – 1 repetición máxima), la potencia muscular (*Squat Jump* y *Counter Movement Jump*), el perímetro y pliegue del muslo.

Resultados: La comparación de medias de características antropométricas previa no mostró diferencias entre los grupos. En promedio, la potencia y potencia relativa aumentó de forma significativa en ambos grupos (P-valor <0,05). En comparación al grupo EC, la media del grupo ERF fue significativamente mayor en los indicadores la prueba de salto sin contra movimiento (P-valor <0,05). La fuerza y el perímetro del muslo solo aumentó de forma significativa en el grupo ERF.

Conclusión: El programa de entrenamiento pliométrico con restricción parcial de flujo mostró mayores adaptaciones en la potencia, fuerza y crecimiento muscular que el grupo sin restricción.

Palabras clave:

Ejercicios pliométricos.
Entrenamiento de la fuerza.
Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo.
Entrenamiento físico.
Medicina del deporte.

Plyometric training with blood flow restriction and muscle power of untrained adults

Summary

Introduction: Anaerobic training with blood flow restriction stimulates the gain of strength and muscle mass. It is efficient in low weekly training load modalities. It has not been elucidated whether flow-restricted training modalities can influence muscle power, nor their usefulness in plyometric training. Power development is a key indicator of human health and functional integrity.

Objective: To test the effect of low-load plyometric training with or without blood flow restriction on muscle power gains measured by vertical jumps in healthy, untrained male individuals.

Material and method: A quasi-experimental study was carried out in 18 healthy adult men with no previous strength training. They were divided into two groups, one group performed two weekly sessions for four weeks of plyometric exercises with partial blood flow restriction, ERF group (n = 9; 22.77 ± 5.11 years) and another with conventional plyometric exercises, EC group (n = 9; 21.66 ± 4.21 years). Prior to group distribution, an anthropometric characterization was performed. Before and after the training protocol, maximum strength (*leg press* 1RM), muscle power (*Squat Jump* and *Counter Movement Jump*) of the lower limbs, thigh circumference and thigh crease were measured.

Results: The comparison of means of previous anthropometric characteristics showed no differences between the groups. On average, power and relative power increased significantly in both groups (P-value <0.05). Compared to the EC group, the mean of the ERF group was significantly higher in the indicators of the jump test without counter movement (P-value <0.05). Strength and thigh circumference only increased significantly in the ERF group.

Conclusion: The plyometric training program with flow restriction showed greater adaptations in power, strength, and muscle growth than the conventional plyometric training.

Key words:

Plyometric exercise. Strength training.
Blood flow restriction training.
Physical training. Sports medicine.

Correspondencia: Roberto Rebolledo-Cobos
E-mail: rrebolledo@unimetro.edu.co

Introducción

La evidencia científica actual ha mostrado que el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo estimula la ganancia de fuerza, hipertrofia y activación muscular, incluso, ha sido efectivo empleándose a baja carga de entrenamiento¹. En poblaciones sanas, los ejercicios resistidos con velocidad controlada y restricción del flujo sanguíneo aumentan rápidamente el aumento de la masa y la fuerza muscular^{1,2}. Se considera que estos fenómenos están relacionados con el aumento de las concentraciones de metabolitos, el incremento en la liberación de hormona de crecimiento, la potenciación de la activación de la señalización celular mTOR, la ampliación del reclutamiento neuromuscular y la reducción de la expresión de ARNm de miostatina³. No obstante, no está claro aún si las modalidades de entrenamiento con restricción de flujo pueden tener influencia en otro indicador de la integridad y funcionamiento muscular, la potencia.

La potencia muscular es el resultado de la relación entre fuerza y velocidad de ejecución de movimientos, con gran importancia para la salud, capacidad funcional⁴ y el rendimiento atlético⁵. En este contexto, el entrenamiento pliométrico ha sido ampliamente empleado como la estrategia más versátil y práctica para desarrollar esta cualidad del sistema locomotor⁶. Además de estar inherentemente relacionada con las ganancias de fuerza, la potencia muscular influencia adaptaciones en los elementos elásticos del sistema musculoesquelético, como los tendones, fascia, tejido conectivo y la relación subsiguiente con el ciclo alargamiento/acortamiento (EAC). La insuficiente evidencia que relacione el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo combinado con modalidades específicas de entrenamiento pliométrico ha dificultado las adaptaciones en la potencia muscular⁷.

Los datos de la literatura muestran que los ejercicios realizados con una carga alta y una velocidad baja se recomiendan para la hipertrofia muscular, mientras que los ejercicios con una carga baja y una velocidad alta están indicados para aumentar la potencia muscular^{8,9}. Algunos autores han cuestionado dichas recomendaciones debido a los resultados ambiguos en relación con los incrementos del rendimiento tras protocolos de fuerza y potencia a corto plazo, encontrando resultados similares en ambos protocolos. Además, algunos estudios han descrito aumentos en el ritmo de desarrollo de la fuerza y mejoras en la altura de salto tras ambos regímenes de entrenamiento^{10,11}.

Estudios anteriores apoyan esta tesis de una mayor hipertrofia muscular tras el entrenamiento de fuerza, sin embargo, en trabajos de potencia, se encuentran aumentos en la frecuencia de disparo de las unidades motoras y mejora de la EAC, principalmente cuando utilizan la especificidad del gesto, como en el salto^{12,13}. En este sentido, parece que ambos factores son importantes para el aumento de la potencia muscular.

Teniendo en cuenta que la restricción de flujo sanguíneo puede propiciar adaptaciones funcionales y morfológicas incluso con baja carga de entrenamiento, y contextualizando el entrenamiento pliométrico como estrategia efectiva para el desarrollo de la potencia muscular, el objetivo principal del presente estudio es comprobar el efecto de dos modelos de entrenamiento pliométrico con o sin restricción del flujo sanguíneo en la ganancia de potencia muscular medida a través de saltos verticales de individuos varones, sanos y no entrenados.

Material y método

Se plantea un estudio cuasiexperimental debido a que la organización de los grupos no fue aleatoria, el cual se contempla analizar en dos grupos de hombres adultos jóvenes sanos, las adaptaciones y respuestas funcionales que promueven una modalidad de ejercicio pliométrico prescritas en 8 sesiones distribuidas en cuatro semanas, con la diferenciación que un grupo ejecutará las sesiones con un manguito de restricción parcial de flujo sanguíneo hacia las extremidades inferiores.

Sujetos

A través de divulgación e invitación pública por redes sociales, 23 hombres jóvenes se presentaron como voluntarios al laboratorio de musculación de la *Universidade Regional Integrada do Alto Uruguay y das Missões* (Brasil) lugar donde se desarrollaron los procedimientos del presente estudio. 5 fueron excluidos por manifestar síntomas dolorosos y trastornos musculoesqueléticos en extremidades inferiores. 18 sujetos restantes cumplieron los criterios de inclusión, en los cuales se incluía tener un nivel de actividad física bajo, no haber participado en programas de ejercicio durante al menos 3 meses y no tener enfermedades sistémicas de consideración.

Procedimientos

Inicialmente, los participantes realizaron una evaluación antropométrica, una prueba de una repetición máxima (1RM) para evaluar la fuerza dinámica máxima y dos pruebas de salto vertical sobre una colchoneta de contacto para evaluar la altura de salto. Poco después se dividieron en dos grupos: grupo de entrenamiento pliométrico con restricción de flujo sanguíneo (ERF n = 9) y grupo entrenamiento pliométrico convencional (EC n = 9). Tras el sorteo, los participantes comenzaron el protocolo de entrenamiento con dos sesiones por semana durante 4 semanas. Tras la ejecución de los protocolos de entrenamiento, los participantes volvieron al laboratorio para repetir las pruebas. Todas las pruebas fueron realizadas por el mismo evaluador quien desconocía la finalidad y distribución de los grupos de los sujetos, además de utilizar los mismos procedimientos antes del entrenamiento y después de 4 semanas de entrenamiento.

Evaluación antropométrica: la antropometría se realizó utilizando un plicómetro (Mitutoyo 0,1 mm de precisión - Cescorf), balanza con estadiómetro acoplado (Welmy, 200 kg de capacidad, 0,1 kg y 0,005 m de precisión) y perímetros utilizando una cinta métrica (Cescorf- Porto Alegre Brasil). Las marcas y técnicas de evaluación siguieron las normas de *The international Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK). Se verificaron las medidas de masa corporal (kg), altura (cm), el pliegue cutáneo anterior del muslo (mm) y circunferencia media del muslo (cm).

Pruebas de potencia: los participantes se familiarizaron con el movimiento requerido realizando un calentamiento previo de 8 saltos verticales de altura variable, con un intervalo de descanso de dos minutos previo al inicio de las pruebas. Inicialmente el protocolo consistió en realizar el *Counter Movement Jump* (CMJ), un salto sin ayuda de las extremidades superiores, manteniendo las manos en la cintura y el tronco erguido, ejecutando tres saltos máximos verticales con un

intervalo entre intentos de 10 segundos, siempre respetando la orden verbal. Luego de 2 minutos de recuperación y con el mismo número de intentos, los participantes realizaron el *Squat Jump* (SJ) el cual consistió en la realización de un salto vertical máximo partiendo de la posición de flexión de piernas de 90°, sin ningún tipo de contra movimiento en las extremidades inferiores y sin ayuda de los miembros superiores, manteniendo las manos en la cintura desde la posición inicial hasta la finalización de salto¹⁴. Los saltos se realizaron sobre tapete de contacto (Jump System 1.0®, CEFISE, SP/Brasil).

Prueba 1RM: la prueba de prensa de piernas (*leg press*) 1RM se realizó en un equipo de prensa de piernas con carga variable (Taurus, Brasil), de forma bilateral. Antes de la prueba, los participantes realizaron un calentamiento general de cinco minutos de duración a 5 km/h en una bicicleta ergométrica. Tras el calentamiento general, los participantes se colocaron en el equipo de prensa de piernas (Taurus, Brasil). A continuación, cada participante realizó un calentamiento específico consistente en dos series de ocho repeticiones con cargas con una estimación de esfuerzo moderado percibido por el participante. Durante el calentamiento los participantes debían extender completamente las rodillas y la repetición sólo se evaluaba cuando los participantes eran capaces de alcanzar el delimitador de amplitud colocándose delante del equipo. Tras el calentamiento específico, los participantes tuvieron un descanso de 3 minutos antes de comenzar la prueba máxima.

La prueba máxima consistió en obtener la mayor cantidad de carga que se puede levantar en un ciclo completo (flexión y extensión de las rodillas). Cuando el participante era capaz de realizar más de una repetición, se reajustaba el valor de la carga basándose en coeficientes de corrección Lombard¹⁵. Entre cada intento, los participantes disponían de 5 minutos de intervalo. Si eran necesarios más de cuatro intentos para determinar el valor de 1-RM, la prueba se interrumpía y se realizaba a las 48 horas. Antes de la prueba máxima cada participante se familiarizó con la prueba. La velocidad de ejecución de cada repetición se controló utilizando un metrónomo.

Protocolo de entrenamiento

Las sesiones de ejercicios fueron, en estructura y contenido, idénticas para ambos grupos. Inicialmente los participantes realizaban un calentamiento de 5 minutos en una cinta ergométrica, a continuación, ejecutaban una fase principal basada en ejercicios pliométricos con 30 segundos de descanso entre series y 2 minutos entre ejercicios. Al final, los sujetos realizaban 5 minutos adicionales actividades de baja intensidad que incluían caminar y ejercicios de respiración para la vuelta a la calma. Se planteó una progresión semanal basada en un aumento de la dificultad y el volumen de ejercicios pliométricos en la fase principal. En la Tabla 1 se exponen la estructura de las sesiones y la estrategia de progresión. La duración aproximada de las sesiones en las semanas 1 y 2 fue de 30 minutos, mientras en las sesiones de las semanas 3 y 4 fue de 35 minutos. Para los ejercicios que lo requerían, la altura de la caja de salto fue de 45 cm.

Protocolo de restricción vascular

Para determinar la oclusión o restricción parcial vascular en las extremidades inferiores, los participantes del grupo ERF antes de cada

Tabla 1. Estructura general de la fase principal de las sesiones del programa de ejercicios para los grupos estudiados en las 4 semanas de entrenamiento.

Semana/Sesiones (intensidad)	Ejercicio	Series	Repeticiones
Semana 1 / Sesiones 1-2 (Baja)	<i>Squat jump</i> <i>Split squat jump</i> <i>Cycled split squat jump</i>	2	10
Semana 2 / Sesiones 3-4 (Baja para moderada)	<i>Split squat jump</i> <i>Pike jump</i> <i>Double leg tuck jump</i>	2	10
Semana 3 / Sesiones 5-6 (Moderada)	<i>Pike jump</i> <i>Double leg tuck jump</i> <i>Double leg zigzag hop</i> <i>Double leg hop</i>	3	10
Semana 4 / Sesiones 7-8 (Alta)	<i>Double leg zigzag hop</i> <i>Double leg hop</i> <i>In-depth jump (45 cm)</i> <i>Box jump (45 cm)</i>	3	10

sesión se colocaban en posición decúbito supino y permanecieron en reposo absoluto durante 20 minutos. De forma seguida, se medía la presión arterial en reposo, que posteriormente se utilizaba en el cálculo de la fijación del manguito para la oclusión parcial de las extremidades (Scientific Pro -WCS 2020) y se empleaba para el cálculo de la fijación del manguito de la oclusión. La presión utilizada fue de 20 mmHg por encima de la presión arterial sistólica en reposo, garantizando así que la oclusión de las extremidades fuera parcial, impidiendo especialmente el retorno venoso. Los ejercicios se realizaron con los miembros inferiores ocluidos, incluso durante los intervalos de recuperación. La metodología empleada incluyó una inspección constante de las extremidades y la monitorización del confort de los sujetos¹⁶.

Estadísticas

Los datos se presentaron como promedio con su respectiva desviación estándar. Para verificar la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Shapiro Wilk. Para las comparaciones de las variables de los momentos pre y posentrenamiento se utilizó una prueba t de Student pareada. Para la comparación de estas variables entre grupos, se utilizó la prueba t de Student independiente. El programa informático utilizado fue IBM SPSS 20.0.

Consideraciones éticas

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Centro Universitario Metodista IPA, bajo el número de dictamen: 1.475.648 y siguió todas las recomendaciones de la resolución 466/12 del Consejo Nacional de Salud de Brasil. Además, se tuvo en cuenta la declaración de Helsinki donde se reglamentan los principios éticos para estudios de investigación que involucran seres humanos con previo consentimiento informado.

Resultados

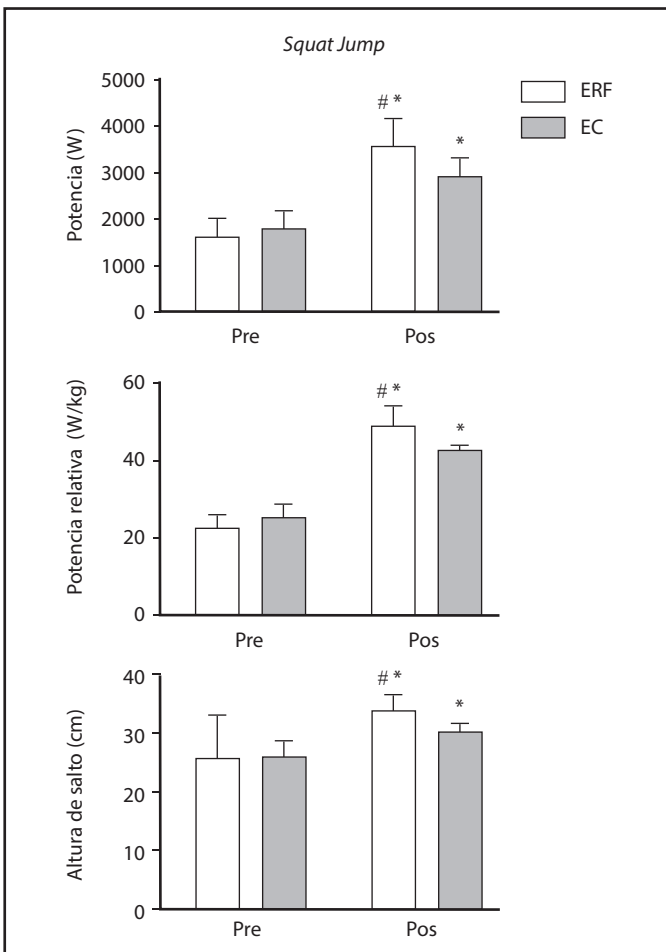
Los datos de todas las variables se presentan como promedio y desviaciones estándar. La caracterización inicial de la población estudiada mostró que el promedio de edad del total de sujetos fue de $22,22 \pm 4,58$ años y de $23,92 \pm 3,40$ el IMC. La distribución aleatoria de los sujetos en dos grupos de estudio no mostró diferencias en ninguna de las características expuestas en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación de promedios de las características generales de la población de acuerdo con los grupos conformados y estudiados.

Característica	ERF	EC	P-valor
Edad (años)	$22,77 \pm 5,11$	$21,66 \pm 4,21$	0,621
Peso (kg)	$72,77 \pm 10,52$	$74,00 \pm 13,20$	0,830
Talla (m)	$1,72 \pm 0,06$	$1,77 \pm 0,07$	0,165
IMC (kg/m ²)	$24,34 \pm 2,99$	$23,511 \pm 3,90$	0,620

IMC: índice de masa corporal.

Figura 1. Comparación pre y posentrenamiento de valores promedios de potencia, potencia relativa y altura de salto de acuerdo con los resultados de la prueba SJ en los grupos estudiados.

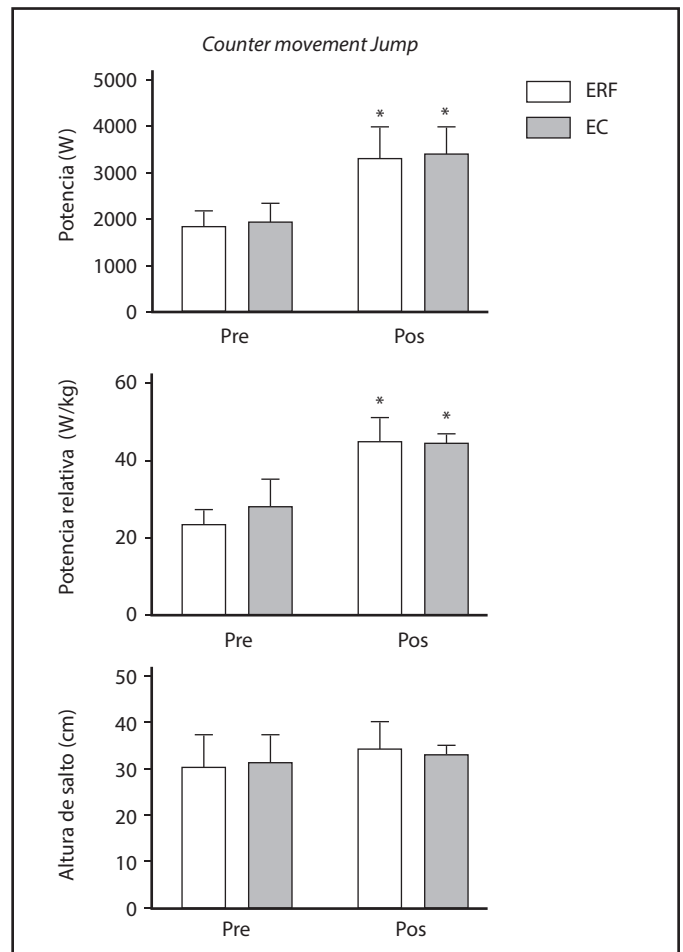


*P-valor <0,05 entre pre y posentrenamiento. #P-valor <0,05 entre grupos.

De acuerdo con los resultados de la prueba de salto SJ que se expone en la Figura 1, se encontraron diferencias significativas en los valores promediados de la potencia pre y posentrenamiento tanto en el grupo ERF ($1.610,7 \pm 407,3$ vs $3.590 \pm 553,1$ W, $\Delta 138,55\%$; $p < 0,001$) como en el EC ($1.803,6 \pm 371,2$ vs $2.942,2 \pm 3351$ W, $\Delta 68,51\%$; $p < 0,001$). Así mismo, para ambos grupos, los valores promedios antes y después del programa de entrenamiento de la potencia relativa (ERF: $22,6 \pm 2,9$ vs $48,7 \pm 4,9$ W/kg, $\Delta 118,67\%$; EC: $24,6 \pm 3,7$ vs $42,7 \pm 1,2$ W/kg $\Delta 76,86\%$) y altura de salto (ERF: $26,1 \pm 6,9$ vs $34,3 \pm 2,3$ cm, $\Delta 41,49\%$; EC: $26,2 \pm 2,5$ vs $30,5 \pm 1,3$ cm, $\Delta 17,20\%$) fueron estadísticamente diferentes (p -valor <0,01). Respecto a la comparación entre grupos, se encontró una diferencia estadística (p -valor <0,01) después del programa de entrenamiento a favor del grupo ERF, siendo mayor el promedio en potencia, potencia relativa y altura de salto.

Como lo expone la Figura 2, se encontraron diferencias significativas (p -valor <0,001) en los resultados de la prueba CMJ entre los momentos pre y posentrenamiento de ambos grupos, tanto en la potencia (ERF: $1.830,6 \pm 391,6$ vs $3.355,6 \pm 672,2$ W, $\Delta 86,47\%$; EC: 1.973 ± 347 vs

Figura 2. Comparación pre y posentrenamiento de valores promedios de potencia, potencia relativa y altura de salto de acuerdo con los resultados de la prueba CMJ en los grupos estudiados.



*P-valor <0,05 entre pre y posentrenamiento. #P-valor <0,05 entre grupos.

Tabla 3. Comparación de promedios intra y entre grupos en las medidas antropométricas y de fuerza en las extremidades inferiores antes y después del programa de entrenamiento.

Medida	Pre	Pos	$\Delta\%$	P-valor intragrupo	P-valor entre grupos	
					Pre	Pos
Leg press 1-RM (kg)						
ERF	259,66 \pm 86,38	381,33 \pm 62,02	54,72	0,003	0,887	0,007
EC	254,11 \pm 76,63	300,33 \pm 50,46	26,40	0,150		
Perímetro muslo (cm)						
ERF	52,77 \pm 4,60	57,88 \pm 4,13	9,83	0,024	0,465	0,009
EC	51,00 \pm 5,45	51,22 \pm 5,35	0,46	0,931		
Pliegue muslo (mm)						
ERF	9,69 \pm 1,40	7,55 \pm 1,42	-22,22	0,005	0,112	0,005
EC	11,88 \pm 3,65	11,44 \pm 3,39	-3,37	0,792		

RM: repetición máxima.

3.414,4 \pm 651,2 W, Δ 75,00%) como potencia relativa (ERF: 24,8 \pm 2,5 vs 45,9 \pm 4,2 W/kg, Δ 86,21%; EC: 28,8 \pm 6,9 vs 45,1 \pm 1,2 W/kg). Aunque hubo un aumento, la altura de salto no mostró diferencias estadísticas en las variaciones promediadas antes y después del programa de entrenamiento en los grupos (ERF: 31,02 \pm 6,7 vs 34,90 \pm 5,1 cm, Δ 14,80%; EC: 31,74 \pm 6,1 vs 33,70 \pm 1,56, Δ 9,80%). No se encontraron diferencias en la comparación entre grupos.

En la Tabla 3 se exponen los resultados de la valoración de la fuerza y las características antropométricas específicas consideradas en el estudio. La prueba de 1-RM en *Leg Press* mostró diferencias significativas entre los momentos pre y posentrenamiento en el ERF, también diferencias con el grupo EC en los resultados finales (p-valor <0,01). Finalmente, solo el grupo ERF mostró variaciones estadísticamente significativas en la circunferencia y plicometría de muslo, existiendo diferencia con los resultados del grupo EC en la medida de los registros posentrenamiento (p-valor <0,01).

Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que, en comparación con los sujetos que siguieron un programa de entrenamiento pliométrico convencional de baja carga, los individuos previamente no entrenados que ejecutaron las sesiones de ejercicio con restricción parcial de flujo sanguíneo mostraron mayores adaptaciones en la potencia, fuerza y masa muscular. Si bien previamente la evidencia científica ha respaldado los efectos benéficos del entrenamiento resistido con restricción del flujo sanguíneo con el aumento de los picos de fuerza y masa muscular en bajas cargas^{1,3,8,10}, la evidencia que respalda las adaptaciones en la potencia y a su vez, en indicadores funcionales como la altura del salto, es limitada.

Hallazgos previos con enfoques metodológicos similares habían mostrado, de forma general, resultados contradictorios al del presente estudio. En esa línea, Horiuchi *et al.*, informaron en su estudio que cuatro semanas de entrenamiento con saltos tradicionales mejoraban en mayor

medida, el rendimiento del salto y la potencia muscular en comparación con individuos que entrenaron con restricción de flujo¹⁷. Sin embargo, si bien analizaron las respuestas en sujetos no entrenados, se destaca que a nivel metodológico incluyeron altas presiones de oclusión para la ejecución de los ejercicios (200 mmHg), induciendo una restricción de flujo total. Actualmente, los altos niveles de oclusión vascular al entrenamiento de la fuerza no suelen relacionarse con ventajas adaptativas y, por consiguiente, una limitada ganancia de potencia y altura del salto¹⁸.

Por medio de la prueba SJ, el presente estudio mostró que además de la mayor ganancia de potencia relativa, la altura del salto mejoró en mayor proporción en el grupo ERF. Este hallazgo es interesante pues, aunque mejoraron todos los indicadores de la prueba con ciclo de estiramiento-acortamiento, CMJ, no mostró diferencia alguna con los resultados del grupo sin restricción de flujo, incluyendo la altura del salto. Reportes previos habían mostrado que los ejercicios con restricción de flujo pueden llevar a mejoras significativas en las propiedades funcionales y elásticas del sistema musculoesquelético, optimizando el ciclo de estiramiento-acortamiento que, a su vez, se traducían en mayores respuestas agudas en la potencia y altura de salto vertical con contra movimiento¹⁹.

En individuos con entrenamiento previo la evidencia respalda a las modalidades con restricción de flujo con adaptaciones importantes en la potencia muscular. Recientemente, Sun *et al.*, mostraron que, en 4 semanas, un programa de ejercicios a baja carga y basados en sentadillas con niveles variables de restricción vascular, mejoraba el rendimiento del salto vertical en jugadoras de fútbol femenino²⁰. En la misma línea, Yang *et al.*, habían expuesto la efectividad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo a baja carga en gimnastas. El programa de ejercicios que propusieron en diez semanas se basó en ejercicios resistidos de baja intensidad con restricción de flujo comparándose con entrenamiento resistido convencional de alta intensidad sin restricción de flujo, mostrando al final adaptaciones similares en la fuerza, potencia y altura de salto en ambos grupos²¹. Estos trabajos, a pesar de que no ejecutaron específicamente protocolos de entrenamiento pliométrico

o basados en saltos, mostraron efectos potencialmente seguros en la potencia muscular derivados de la propia plasticidad neuromuscular y morfológica.

La mejora en la fuerza del grupo ERF que se muestra en el actual reporte no es un hallazgo nuevo, sin embargo, cabe destacar que el programa de entrenamiento pliométrico implementado con oclusión vascular fue, en proporción, más efectivo que la modalidad convencional. La relación entre la fuerza, potencia muscular y rendimiento del salto es estrecha. Estudios previos han reportado que un mejor rendimiento del salto es proporcional con las capacidades contráctiles del tejido muscular y la tasa de desarrollo de fuerza en las extremidades inferiores²². De forma paralela, las adaptaciones morfológicas propician mejoras en las propiedades elásticas del tejido que benefician la ejecución del salto y así, mejoras en la potencia²³. Como son entonces los hallazgos del presente estudio, las condiciones fisiológicas que estimulan las modalidades con restricción de flujo sanguíneo actúan como catalizador para que, condicionado a una baja carga semanal de entrenamiento, exista un mayor potencial de adaptación morfológica, el cual resulta coherente con el desarrollo de la fuerza máxima.

La ganancia de fuerza medida por pruebas de 1RM en la prensa de piernas no es necesariamente un factor que asegure adaptaciones en la potencia y altura del salto^{24,25}, es por ello que los autores recomendamos que, como es bien conocido en las ciencias del deporte, la orientación específica del entrenamiento físico es necesario para mejorar los indicadores de rendimientos requeridos, como la altura del salto, la fuerza máxima o la masa muscular.

Finalmente, los autores consideramos el diseño metodológico sencillo del presente estudio como una fortaleza más allá de las barreras propias de los estudios cuasiexperimentales o preexperimentales, especialmente las relacionadas con el control de todos los factores que pudieron influenciar el potencial adaptativo de los sujetos a nivel fisiológico a través del limitado periodo de entrenamiento o que además, pudieron atentar directamente con la recolección de la información en la aplicación de las pruebas. El limitado número de sujetos involucrados en los grupos también se puede considerar una limitante, sin embargo, los autores planteamos la máxima rigurosidad metodológica posible en la ejecución de los distintos procedimientos, incluyendo la participación de personal con alto nivel académico y de experticia para potencializar la calidad de los datos obtenidos.

En conclusión, los resultados de la actual investigación sugieren que tanto el entrenamiento pliométrico de baja carga semanal con restricción del flujo sanguíneo como el entrenamiento convencional pueden ser efectivos para mejorar la potencia, capacidad de salto y la fuerza muscular en hombres sanos no entrenados, no obstante, el efecto en los sujetos con restricción de flujo sanguíneo fue estadísticamente mayor. Estos hallazgos son consistentes con la tendencia que aprovecha el uso de la restricción parcial de flujo para obtener grandes beneficios con cargas bajas de entrenamiento en periodos cortos de entrenamiento.

Apoyos: el presente trabajo contó con el apoyo del amparo de investigaciones del Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) – Brasil. El programa de Bolsas de Productividad en Investigación (PQ/UEMG) – Brasil; y del Fondo para Investigaciones de la Universidad Metropolitana de Barranquilla, Colombia.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Bobes Álvarez C, Issa-Khozouz Santamaría P, Fernández-Matías R, Pecos-Martín D, Achalandabaso-Ochoa A, Fernández-Carnero, et al. Comparison of blood flow restriction training versus non-occlusive training in patients with anterior cruciate ligament reconstruction or knee osteoarthritis: a systematic review. *J Clin Med*. 2020;10:68.
- Beato M, Bianchi M, Coratella G, Merlini M, Drust B. Effects of plyometric and directional training on speed and jump performance in elite youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 2018;32:289-96.
- Yamanaka T, Farley RS, Caputo JL. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *J Strength Cond Res*. 2012;26:2523-9.
- Rebolledo-Cobos R, Silva-Correa C, Juliao-Castillo J, Polo-Gallardo R, Suarez-Landazabal O. Functional implications of strength training on older adults: a literature review. *Arch Med Deporte*. 2017;34:31-9.
- Morris SJ, Oliver JL, Pedley JS, Haff GG, Lloyd RS. Comparison of weightlifting, traditional resistance training and plyometrics on strength, power and speed: a systematic review with meta-analysis. *Sports Med*. 2022;52:1533-54.
- Layne AS, Larkin-Kaiser K, Gavin-MacNeil R, Sandesara B, Dirain M, Bufford WT, et al. Effects of blood-flow restriction on biomarkers of myogenesis in response to resistance exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42:89-92.
- Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* (1985). 2002;93:1318-26.
- Lopez P, Radaelli R, Taaffe DR, Newton UR, Galvão AD, Trajano GS, et al. Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: systematic review and network meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2021;53:1206-16.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:674-88.
- Rodrigo-Mallorca D, Loaiza-Betancur AF, Monteagudo P, Blasco-Lafarga C, Chulvi-Medrano I. Resistance training with blood flow restriction compared to traditional resistance training on strength and muscle mass in non-active older adults: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:11441.
- Hosseini-Kakhak SA, Kianigul M, Haghighi AH, Nooghabi MJ, Scott BR. Performing soccer-specific training with blood flow restriction enhances physical capacities in youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 2022;36:1972-7.
- Del-Vecchio A, Casolo A, Negro F, Scorcelletti M, Bazzucchi L, Enoka R, et al. The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *J Physiol*. 2019;597:1873-87.
- Van-Roie E, Walker S, Van-Driessche S, Delabastita T, Vanwanseele B, Delecluse C. An age-adapted plyometric exercise program improves dynamic strength, jump performance and functional capacity in older men either similarly or more than traditional resistance training. *PLoS One*. 2020;15:e0237921.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1983;50:273-82.
- Verdijk L, van Loon L, Meijer K, Savelberg H. One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. *J Sports Sci*. 2009;27:59-68.
- Goldfarb AH, Garten RS, Chee PD, Reeves VG, Hollander BD, et al. Effects of endurance exercise on blood glutathione and plasma protein carbonyl status: influence of partial vascular occlusion. *Eur J Appl Physiol*. 2008;104:813-9.
- Patterson SD, Hughes L, Warrington S, Burr J, Scott SB, Owens J, et al. Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol*. 2019;10:533.
- Doma K, Leicht AS, Boulosa D, Woods CT. Lunge exercises with blood-flow restriction induces post-activation potentiation and improves vertical jump performance. *Eur J Appl Physiol*. 2020;120:687-95.
- Horiuchi M, Endo J, Sato T, Okita K. Jump training with blood flow restriction has no effect on jump performance. *Biol Sport*. 2018;35:343-8.
- Sun D, Yang T. Semi-squat exercises with varying levels of arterial occlusion pressure during blood flow restriction training induce a post-activation performance enhancement and improve vertical height jump in female football players. *J Sports Sci Med*. 2023;22:212-25.
- Yang S, Zhang P, Sevilla-Sanchez M, Zhou D, Cao J, He J, Gao B, et al. Low-load blood flow restriction squat as conditioning activity within a contrast training sequence in high-level preadolescent trampoline gymnasts. *Front Physiol*. 2022;13:852693.

22. Bruhn S, Kullmann N, Gollhofer A. The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *Int J Sports Med.* 2004;25:56-60.
23. Maffuletti NA, Cometti G, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *Int J Sports Med.* 2000;21:437-43.
24. Fatouros I, Jamurtas A, Leontsini D, Taxildaris K, Aggelousis N, Kostopoulos N. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res.* 2000;14:470-6.
25. Ferri A, Scaglioni G, Pousson M, Capodaglio P, Van-Hoecke J, Narici MV. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. *Acta Physiol Scand.* 2003;177:69-78.

Assessment of salivary parameters and oral microbiota in amateur swimmers

Sandra Regina Santos Meyfarth¹, Mariana Gouvêa Latini Abreu¹, Pedro Antônio da Silva Moura², Rodrigo Von Held Marques¹, Helvécio Cardoso Corrêa Póvoa³, Natalia Lopes Pontes Póvoa Iorio^{3,4}, Livia Azeredo Alves Antunes^{1,2,4,5}, Leonardo Santos Antunes^{1,2,4,5}

¹Postgraduate Program, School of Dentistry, Fluminense Federal University, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil. ²Health Institute of Nova Friburgo, School of Dentistry, Fluminense Federal University, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brazil. ³Department of Basic Science, Fluminense Federal University, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brazil. ⁴Postgraduate Program, School of Dentistry, Fluminense Federal University, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brazil. ⁵Department of Specific, Fluminense Federal University, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brazil.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00169

Recibido: 25/05/2023
Aceptado: 21/03/2024

Summary

Objectives: The growing diffusion of sports activities is centering attention on the development of diseases correlated with sports performance. The most common diseases reported by swimmers are dental stains. They are also exposed to the onset of erosive tooth wear and harbor cariogenic bacteria. Considering that the oral cavity of swimmers is in close contact with the swimming pool water in their daily training environment, this study aimed to evaluate whether swimming can change salivary parameters and oral microbiota of amateur athletes.

Material and method: This before-after study included 18 amateur athletes between 10 to 18 years old from a Swimming Team who practiced the sport at least three times a week. The swimmers were interviewed by a questionnaire and clinically evaluated. Unstimulated saliva was collected before and immediately after swimming. The salivary flow, pH, and buffer capacity were evaluated. The microbiological analysis included: total microorganisms, mutans *streptococci* group, *Lactobacillus* spp., and *Candida* spp. Wilcoxon test was applied before and after swimming with 5% level of significance.

Results: A total of 18 subjects participated in this study. All of the pool parameters were under acceptable limit. There was no statistical difference in the salivary parameters: salivary flow ($P = 0.264$), pH ($P = 0.132$); buffer capacity ($P = 0.067$). Regarding the oral microbiota, no significant differences were found before and after swimming for mutans *streptococci* group ($P = 0.950$), *Lactobacillus* spp. ($P = 0.432$), *Candida* spp. ($P = 0.386$), and total microorganisms ($P = 0.332$).

Conclusion: No change was observed in the salivary parameters and the oral microbiota before and after swimming in the evaluated group.

Key words:

Swimmer. Saliva. Swimming. Microbiota.

Evaluación de los parámetros salivales y de la microbiota oral de nadadores aficionados

Resumen

Objetivos: La creciente difusión de las actividades deportivas está centrando la atención en el desarrollo de enfermedades relacionadas con el rendimiento deportivo. Las enfermedades más comunes reportadas por los nadadores son las manchas dentales. También están expuestos a la aparición de desgaste dental erosivo y albergan bacterias cariogénicas. Teniendo en cuenta que la cavidad bucal de los nadadores está en estrecho contacto con el agua de la piscina en su entorno de entrenamiento diario, este estudio tuvo como objetivo evaluar si la natación puede cambiar los parámetros salivales y la microbiota oral de los atletas aficionados.

Material y método: Este estudio antes-después incluyó 18 deportistas aficionados de entre 10 y 18 años de un Equipo de Natación que practicaban este deporte al menos tres veces por semana. Los nadadores fueron entrevistados mediante un cuestionario y evaluados clínicamente. La saliva no estimulada se recogió antes e inmediatamente después de nadar. Se evaluó el flujo salival, el pH y la capacidad amortiguadora. El análisis microbiológico incluyó: microorganismos totales, grupo *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus* spp. y *Candida* spp. Se aplicó la prueba de Wilcoxon antes y después de nadar con un nivel de significancia del 5%.

Resultados: Un total de 18 sujetos participaron en este estudio. Todos los parámetros del pool estuvieron por debajo del límite aceptable. No hubo diferencia estadística en los parámetros salivales: flujo salival ($p = 0,264$), pH ($p = 0,132$); capacidad amortiguadora ($p = 0,067$). En cuanto a la microbiota oral, no se encontraron diferencias significativas antes y después de nadar para el grupo *Streptococcus mutans* ($p = 0,950$), *Lactobacillus* spp. ($p = 0,432$), *Candida* spp. ($p = 0,386$), y microorganismos totales ($p = 0,332$).

Conclusión: No se observó cambio en los parámetros salivales y en la microbiota oral antes y después de nadar en el grupo evaluado.

Palabras clave:
Nadadores. Saliva.
Natación. Microbiota.

Correspondencia: Leonardo Santos Antunes
E-mail: leonardoantunes@id.uff.br

Introduction

Sport is a double-edged sword with positive and negative effects on health¹. On the one hand, sports and physical activity can improve the quality of life through the prevention of diseases and the maintenance and recovery of the individual's health²⁻⁴. On the other hand, negative effects include the risk of failure leading to poor mental health^{5,6}, risk of injuries^{7,8}, eating disorders⁹, burnout¹⁰, oral cavity alterations¹¹⁻¹⁴, and exercise-induced gastrointestinal tract discomfort¹⁵.

The growing diffusion of sports activities is centering attention on the development of diseases correlated with sports performance¹⁶. The main disorders of the athletes' oral cavity are dentofacial trauma, caries, erosions, and periodontal disease¹¹⁻¹⁴. Such oral diseases harm quality of life and have a negative impact on self-esteem, eating ability, and health, causing pain, anxiety, and impaired social functioning^{17,18}.

Regarding the swimmers, the most common diseases reported are dental stains. In addition, they are exposed to the onset of erosive tooth wear (ETW), a chemical-mechanical process characterized by a painful and irreversible cumulative loss of the enamel of a non-bacterial nature^{18,19}. Swimmers can also harbor cariogenic bacteria, such as *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, and *Lactobacillus* spp. and favor their growth¹¹. There is little information available about the correlation between the performance of swimming and tooth decay occurrence²⁰. Dental caries is a lifetime disease that depends on biological factors present within the saliva and dental plaque. Dental plaque favors the emergence of *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus* spp., which are capable of rapidly fermenting dietary carbohydrates and lowering the pH causing tooth demineralization^{21,22}. The concentration of cariogenic bacteria levels within saliva and plaque will be determinant for the occurrence of caries²³.

Saliva is a biological oral fluid, involved in several functions of oral health and homeostasis, and plays an active role in maintaining oral health itself^{24,25}. The saliva components have several vital roles in the oral mucosa immunity (immunoglobulin A [IgA], mucins and cystatins), in the protection of teeth against the action of microorganisms (lysozyme, lactoferrin, histamine)²⁶, in food digestion (alpha-amylase and protease)²⁷, and in the buffering of acidic substances (bicarbonate, phosphate and proteins)^{28,29}. The performance of sports activities influences the main characteristics of saliva, such as consistency, flow, pH, and buffer capacity²⁵. Exercising may also alter saliva protein content. Physical activity activates the autonomic nervous system which impacts the secretion and content of saliva³⁰. The stimulation of the sympathetic system results in the secretion of low volumes of saliva which is high in protein, whereas the stimulation of the parasympathetic system causes increased secretion of water and mucin³¹. The stimulation of the sympathetic system may result in changes in the salivary flow, reabsorption and the secretion of electrolytes in the secretory cells by modifying the ion concentration of the saliva³².

Among the most abundant salivary proteins in the sports area are the salivary α -amylase and IgA, which play a key role in oral mucosa immunity^{27,33}. Some factors are responsible to regulate the oral ecology, such as salivary pH, flow rate, buffering capability, total bacterial count, cariogenic bacterial load, and IgA levels^{34,35}. Considering that swimmers

are in close contact with the swimming pool water on their daily basis, this study aimed to evaluate whether swimming can change salivary parameters and oral microbiota of amateur athletes. The hypothesis is that the exposure to pool water changes the salivary parameters and the oral microbiota.

Material and method

Ethical approval

The study was approved by the local Ethics and Research Committee (#830.318). Appropriate written informed consent was obtained from all participants and legal guardians in case of underage athletes.

Study design

This before and after study consisted of 18 amateur swimmers, aged between 10 and 18 years, from a swimming team in the city of Nova Friburgo, Rio de Janeiro state, Brazil.

Subjects were invited and participated voluntarily in the study. The following inclusion criteria were considered: amateurs athletes practicing swimming at least three times a week for at least one year and that participate in competitions. Exclusion criteria were: swimmers who were not willing to participate in all parts of the survey; syndromes or chronic systemic diseases; systemic antibiotics, or local antimicrobials within the previous 3 months; patients under medication affecting the saliva flow rate; partial or total removal prosthesis or orthodontic appliances.

A self-administered questionnaire was used to obtain data concerning hours and frequency of weekly training, complete pathological history, history of hard and soft tissues of the oral cavity, family history, oral hygiene practices, and eating habits (supplements consumed and dietary information such as intake of drinks, fruit juices, and soda)¹¹.

The selection of the participants was done through convenience sampling.

Clinical monitoring and saliva collection

Each patient was clinically evaluated and intraoral examination was performed and the presence/absence of bad habits and/or para-functional habits, and dental erosions were assessed.

The unstimulated saliva from each swimmer was collected before and immediately after the training, which averaged two hours (13:00-15:00). The volunteers were instructed to not brush their teeth, eat or drink excepting for water, at least 1 hour prior to the saliva collection. During the sample collection, the subjects were comfortably seated in a ventilated and lighted environment with head slightly down. They were instructed not to swallow or move their tongue or lips during the collection process. With the use of a chronometer, over a period of 6 minutes, the swimmers were asked to spit the accumulated saliva on a tube type Falcon calibrated. Abnormal values were less than 0.1 mL/min without stimulation.

The saliva samples were immediately placed on ice and transferred to the laboratories for processing. The pH, buffer capacity, salivary flow at rest, and counts of mutans *streptococci* group, *Lactobacillus* spp.,

and *Candida* spp., expressed in Colony Forming Unit (CFU)/mL were analyzed.

The saliva pH was measured using a pH indicator strip (0 to 14) (Macherey-Nagel GmbH & Co, Düren, Nordrhein-Westfalen, Germany) according to the manufacturer.

For buffer capacity analysis, 500 µL of saliva samples were mixed with 1.5 mL of 5 mM HCl (hydrochloric acid) in a sterile microtube. Then, the microtubes were agitated for 1 min and opened for 5 min to allow the CO₂ to escape. After that, 10 µL of the solution was pipetted onto pH indicator strip (0 to 14) (Macherey-Nagel GmbH & Co).

Microbiological evaluation

For counting total microorganisms, mutants *streptococci* group, *Lactobacillus* spp., and *Candida* spp., the saliva was vortexed for 1 min. Afterwards, an aliquot of 100 µL of each sample was transferred to sterile microtube containing 900 µL of sterile saline (0.9% NaCl). Serial decimal dilutions were made up to 10⁻⁸ and 50 µL of each dilution were inoculated into Petri dishes containing the culture media to be tested. The medium used for counting the mutants *streptococci* group was the commercial *Mitis Salivarius agar* (HiMedia Laboratories, LLC, Mumbai, India). The culture medium used for counting *Lactobacillus* was *Rogosa agar* (HiMedia Laboratories, LLC, Mumbai, India). The culture medium used for counting *Candida* spp. was the Sabouraud dextrose agar (Becton, Dickinson and Company, Sparks, USA). The Mitis Salivarius and Rogosa plates were incubated in a candle jar, while Sabouraud dextrose plates were aerobically incubated, for 48 h at 36 °C. The colonies with morphological characteristics of the respective microorganism were considered for counting. The results were expressed in CFU/mL of saliva.

Swimming pool water collection

Samples of the swimming pool water (10 mL) were also collected in test tubes at regular intervals throughout the day and sent to the laboratory for evaluation.

Free Residual Chlorine, pH, Bicarbonate Alkalinity, Calcium Severity and salinity were evaluated by the LabAgua Environmental Laboratory, Niterói, RJ, Brazil.

Statistical Analysis

Data were analyzed through the Statistical Package for the Social Science program (SPSS® for Windows; version 16.0; Chicago, IL, USA). The Shapiro-Wilk test was used to verify the normal distribution of the microbiological results. The principle of normality of the sample was not confirmed. The Wilcoxon test was applied to establish a comparison between variables of interest ($P < 0.05$).

Results

A total of 18 subjects participated in this study (11 females and 7 males). The mean age was 13.44 ± 2.14 years. The athletes practice swimming at least 3 times a week and two hours a day. The demographic and clinical characteristics of the studied population are presented in Table 1.

Table 1. Questionnaire with the prevalence (%) of clinical characteristics and habits.

Questions	Non-competitive swimmers (n=19)	%
Gender		
Male	7	39
Female	11	61
How many times per week do you swim?		
3	1	5
4	1	5
5 or more	16	88
Dental erosion		
Have you observed erosive effects on your teeth after drinking isotonic or energy drinks?		
Yes	1	6
No	17	94
"Yellow teeth"		
What color do you think your teeth are?		
Yellow	12	67
White	6	33
Oral habits		
Bruxism (Clench or grind your teeth?)		
Yes	4	22
No	14	78
Mouth or nose breathing?		
Mouth	8	44
Nose	10	56
Hygiene habits		
Do you brush your teeth after meals?		
Yes	12	67
No	6	33
How many times a day do you use dental floss?		
Never	5	28
Once a day	8	44
2 or more times a day	5	28
Does your gum usually bleed when brushing your teeth or flossing?		
Yes	6	33
No	12	67
What is the best way for you to hydrate yourself? (Water, Isotonic, Energetic, natural juice?)		
Water	18	100
Isotonic drinks intake?		
Yes	10	56
No	8	44
Energetic drinks intake?		
Yes	3	17
No	15	83
Acid drinks intake?		
Soda		
Yes	1	6
No	17	94
Juice fruit		
Yes	5	28
No	13	72

Pool parameters at the time of swimming and saliva collection are shown in Table 2. All of the parameters were under acceptable limit.

There was no statistical difference between salivary parameters, such as sialometry, pH and buffer capacity before and after swimming ($P > 0.05$). The salivary parameters before and after swimming are shown in Table 3.

Regarding the oral microbiota, no significant differences were found before and after swimming for mutans *streptococci* group ($P = 0.950$), *Lactobacillus* spp. ($P = 0.432$), and *Candida* spp. ($P = 0.386$) (Table 4).

Discussion

Swimming is often a recommended sport due to its benefits on the whole body. With the increasing number of amateurs swimmers regularly attending swimming pools, this study aimed to evaluate whether exposure to chlorine derivatives may change salivary parameters and oral microbiota of amateur swimmers. The authors hypothesized that the exposure to pool water could influence the salivary parameters and the oral microbiota of amateur swimmers. This hypothesis was rejected.

Table 2. Pool parameters at the time of swimming.

Test	Result	Unit	Acceptable limit
pH	7.92	-	7.0 – 7.6
Free Residual Chlorine	1.53	mg/L	1.0 – 3.0
Bicarbonate Alkalinity	89	mg/L CaCO ₃	120
Calcium Severity	126	mg/L CaCO ₃	200 – 400
Salinity	10.5	%	---

The results of this study showed that all amateur swimmers did not experience a significant alteration of their salivary parameters and oral microbiota. Contrastingly, Bretz *et al.*³⁶ found that competitor athletes who had swum at a gas-chlorinated swimming pool experienced a significant alteration in their salivary parameters. This difference between amateur and competitor swimmers may be explained by the time spent inside the swimming pools and performing a more vigorous physical exercise. Consequently, having more contact between water and oral cavity. In this sense, amateur swimmers seem to be much less exposed than competitive swimmers¹⁸. Chlorine-based disinfectants are used for microbial disinfection of the swimming pools^{37,38}. They provide rapid and long-lasting disinfection effects in the water³⁹. The use of ozone and ultraviolet disinfectants has been adopted in some cases, although generally they are used together with either chlorine or bromine for the provision of a residual disinfectant³⁷. However, chlorination has the potential to produce a wide range of disinfection by-products (DBPs)⁴⁰. The American Public Health Association recommends that proper pool maintenance records be kept, including thrice-daily chlorine level measurements and pH readings as well as the daily consumption of chlorine gas and soda ash⁴¹.

Swimmers in improperly maintained swimming pools may be susceptible to acid erosion of the enamel⁴². Some authors believe that if the pH of the pool water decreases below that of saliva, erosions on dental hard tissue may occur^{36,43}. In this study, the pool water showed a daily pH of 7.9, thereby meeting the required pH values (from 7.20 to 9.0) and having no effect on swimmers in relation to the development of erosions, which is in accordance with other studies^{11,43}. A tendency for a decrease in average salivary pH after the swimming session has also been reported³⁶. However, other data pointed to an opposite trend with no significant alteration in pH, before and after training sessions^{25,44}. Similar results were observed in this study.

Table 3. Salivary parameters before and after swimming.

	Sialometry		pH		Buffer capacity	
	Before	After	Before	After	Before	After
Mean	3.05	2.80	6.86	7.00	4.25	3.73
(SD)	(2.30)	(2.28)	(0.59)	(0.51)	(0.84)	(0.81)
Median	2.10	1.70	7.00	7.00	4.00	3.50
(Q1-Q3)	(1.25- 4.35)	(1.18-4.50)	(6.37-7.12)	(6.87-7.50)	(3.50-5.00)	(3.00-4.50)
Significance	$P = 0.264$		$P = 0.132$		$P = 0.067$	

Wilcoxon test; $P < 0.05$ indicates statistical significance; Q1-Q3: 1st and 3rd quartiles (25%, 75%, respectively).

Table 4. Oral microbiota before and after swimming.

Microorganism	Total microorganisms		<i>Streptococcus</i> spp.		<i>Lactobacillus</i> spp.		<i>Candida</i> spp.	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
log ₁₀ CFU/mL								
Mean	7.236	7.120	2.731	2.443	2.637	2.307	2.248	2.103
Standard deviation	1.017	0.920	0.842	1.089	0.496	0.893	0.990	1.026
Median	7.477	7.031	2.929	2.812	2.656	2.477	2.964	2.280
Quartiles (Q3-Q1)	6.577-7.700	6.705-7.594	2.508-3.000	2.088-3.000	2.306-3.000	2.299-2.930	1.434-3.000	1.516-3.000
Significance	$P = 0.332$		$P = 0.950$		$P = 0.432$		$P = 0.386$	

Wilcoxon test; $P < 0.05$ indicates statistical significance; Q1-Q3: 1st and 3rd quartiles (25%, 75%, respectively).

During swimming, energy consumption is high and prolonged. This condition may alter the salivary flow rate²⁴. The loss of electrolytes and water through sweat may contribute to decrease the salivary flow rate⁴⁵. In this study, it was observed a decrease in salivary flow rate and buffer capacity before and after training session, but this decrease was not statistically significant ($P > 0.05$). Previous studies also found a decrease in the salivary flow rate^{36,46}, which has been explained by an increase in sympathetic activity during intense exercise, since sympathetic innervations cause a marked vasoconstriction, resulting in reduced salivary volume²⁹. Another explanation is the loss of electrolytes and water through sweat and restricted fluid intake during exercise that may contribute to decrease the salivary flow rate³².

Athletes require high performance standards, especially swimmers, who must be totally healthy. Thereby, it is of paramount importance to evaluate the oral health of hard and soft tissues and the prevalence of caries in swimmers by assessing salivary cariogenic bacteria. *Streptococcus* spp. are related to dental caries⁴⁷. *S. mutans* and *S. sobrinus* have greater cariogenic potential in humans^{48,49}. *Lactobacillus* spp. are also secondary pathogens⁵⁰. Besides these traditional culprits for dental caries, it has been discovered that *Candida albicans* has a synergistic interaction with *S. mutans* which may influence early childhood caries (ECC), since children with *C. albicans* present five times greater odds of experience ECC⁵¹. Therefore, this study also assessed salivary cariogenic bacteria (*Streptococcus* spp., *Lactobacillus* spp.), and *C. albicans* before and after swimming and found no statistical difference in the athletes' oral microbiota. Contrastingly, D'Ercole *et al.*²⁵ found that the swimmers total bacterial count and the load of *S. mutans*, *S. sanguis*, *L. fermentum* and *A. gerencseriae* underwent a statistically significant increase after swimming. *S. mutans*, *S. mitis* and *L. acidophilus* mean values were significantly higher in swimmers than in controls. A possible explanation is that the frequency and duration of swimming may increase the risk, since athletes are exposed to adverse conditions, such as pH and salivary flow changes during sports practice.

Despite not being the focus of this study, the eating habits and the use of isotonic and/or supplements need some attention since there are evidences, they can be responsible for alteration of the salivary pH^{52,53}. In vitro studies have shown that acidic beverages cause dental erosion, for example cola drinks, energy drinks, sports drink and acidic juices^{54,55}. Regarding isotonic drinks, marketing strategies emphasize performance improvement, and replacement of fluids and electrolytes lost in sweat during and after exercise⁵⁶. Many athletes regularly consume these beverages^{57,58}. This is in accordance with the present study, where 56% of swimmers informed the habit of isotonic drinks intake. Water was the most frequently consumed liquid (100%), and in most cases, it is the appropriate choice to maintain hydration before, during, and after physical exercise⁵⁶. There was no association between consumption of isotonic drinks and dental erosion in the present study, and the number of athletes presenting dental erosion was very low (6%). A systematic review⁵⁹ also reported no association between isotonic drink consumption and the prevalence of dental erosion. This lack of association may be due to the fact that isotonic drinks have varied concentrations of calcium and phosphate in their formulations which keep high concentrations of these salts in salivary fluids, thereby inhibiting tooth demineralization^{60,61}.

This study has some limitations. First, it included only amateur swimmers. Second, the athletes were asked to self-report their training habits, and it is thus possible that some athletes had under- or over-reported their weekly training habits. Even so, our findings contribute to provide new information about the influence of swimming on salivary and microbiological parameters of athletes. This study also highlights the importance of studying salivary flow and composition since these parameters are useful tools in prevention programs or individualized treatment in several clinical situations.

Conclusion

Under the limitations of this study, it can be concluded that the salivary parameters and oral microbiota of amateur athletes had no significant differences before and after swimming. Additional studies are needed to observe and compare these parameters between amateurs and competitive swimmers.

Acknowledgements

We are indebted to the study participants. This work was supported by individual scholarships (FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (#E-26/010.100995/2018; #E-26/202.805/2019; #E-26/010.002195/2019), CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Author's contribution statement

All authors equally contributed to this research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Bibliography

- Malm C, Jakobsson J, Isaksson A. Physical activity and sports-real health benefits: a review with insight into the public health of sweden. *Sports Basel*. 2019;7:127.
- Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, *et al.* Physical activity and public health. A recommendation from the centers for disease control and prevention and the american college of sports medicine. *JAMA*. 1995;273:402-7.
- Kampert JB, Blair SN, Barlow CE, Kohl 3rd HW. Physical activity, physical fitness, and all-cause and cancer mortality: a prospective study of men and women. *Ann Epidemiol*. 1996;6:452-7.
- Miles L. Physical activity and health. British Nutrition Foundation. *Nutrition Bulletin*. 2007;32:314-363.
- Howie EK, McVeigh JA, Smith AJ, Straker LM. Organized sport trajectories from childhood to adolescence and health associations. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48:1331-9.
- Rice SM, Purcell R, De Silva S, Mawren D, McGorry PD, Parker AG, *et al.* The mental health of elite athletes: a narrative systematic review. *Sports Med*. 2016;46:1333-53.
- Soligard T, SchwelInus M, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, *et al.* How much is too much? (part 1). International olympic committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med*. 2016;50:1030-41.
- SchwelInus M, Soligard T, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, *et al.* How much is too much? (part 2). International olympic committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *Br J Sports Med*. 2016;50:1043-52.
- Joy E, Kussman A, Nattiv A. 2016 update on eating disorders in athletes: a comprehensive narrative review with a focus on clinical assessment and management. *Br J Sports Med*. 2016;50:154-62.

10. Brenner JS, American academy of pediatrics council on sports medicine and fitness. Overuse injuries, overtraining, and burnout in child and adolescent athletes. *Pediatrics*. 2007;119:1242-5.
11. D'Ercole S, Tieri M, Martinelli D, Tripodi D. The effect of swimming on oral health status: competitive versus non-competitive athletes. *J Appl Oral Sci*. 2016;24:107-13.
12. Spinass E, Mameli A, Giannetti L. Traumatic dental injuries resulting from sports activities; immediate treatment and five years follow-up: an observational study. *Open Dent J*. 2018;12:1-10.
13. Giuca MR, Pasini M, Tecco S, Giuca G, Marzo G. Levels of salivary immunoglobulins and periodontal evaluation in smoking patients. *BMC Immunol*. 2014;15:5.
14. Ashley P, Di Iorio A, Cole E, Tanday A, Needleman I. Oral health of elite athletes and association with performance: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2014;49:14-19.
15. Clark A, and Mach N. Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2016;13:43.
16. Tripodi D, Cosi A, Fulco D, D'Ercole S. The impact of sport training on oral health in athletes. *Dent J Basel*. 2021; 9:51.
17. Buzalaf MA, Hannas AR, Kato MT. Saliva and dental erosion. *J Appl Oral Sci*. 2012;20: 493-502.
18. Escartin JL, Arnedo A, Pinto V, Vela MJ. A study of dental staining among competitive swimmers. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2000;28:10-7.
19. Centerwall BS, A.C., Funkhouser L, Elzay RP. Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool. *Am J Epidemiol*. 1986;123:641-7.
20. Kaczmarek W. The status of mineralized dental tissues in young competitive swimmers. *Ann Acad Med Stetin*. 2010;56:81-6.
21. Oda Y, Hayashi F, Okada M. Longitudinal study of dental caries incidence associated with *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* in patients with intellectual disabilities. *BMC Oral Health*. 2015;15:102.
22. Okada M, Kawamura M, Oda Y, Yasuda R, Kojima T, Kurihara H. Caries prevalence associated with *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* in Japanese schoolchildren. *Int J Paediatr Dent*. 2012;22:342-8.
23. Papacosta E, Nassis GP. Saliva as a tool for monitoring steroid, peptide and immune markers in sport and exercise science. *J Sci Med Sport*. 2011;14:424-34.
24. Humphrey SP, Williamson RT. A review of saliva: normal composition, flow, and function. *J Prosthet Dent*. 2001;85:162-9.
25. D' Ercole S, Tripodi D. The effect of swimming on oral ecological factors. *J Biol Regul Homeost Agents*. 2013;27:551-8.
26. Nieuw Amerongen AV, Ligtenberg AJ, Veerman EC. Implications for diagnostics in the biochemistry and physiology of saliva. *Ann NY Acad Sci*. 2007;1098:1-6.
27. Levine MJ. Salivary macromolecules, a structure/function synopsis. *Ann NY Acad Sci*. 1993;694:1-6.
28. Chiappin S, Antonelli G, Gatti R, De Palo EF. Saliva specimen: a new laboratory tool diagnostic and basic investigation. *Clin Chim Acta*. 2007;383:30-40.
29. Chicharro JL, Lucía A, Pérez M, Vaquero AF, Ureña R. Saliva composition and exercise. *Sports Med*. 1998;26:17-27.
30. Ljungberg G, Ericson T, Ekblom B, Birkhed D. Saliva and marathon running. *Scand J Med Sci Sports*. 1997;7:214-219.
31. Ligtenberg AJM, Brand HS, van den Keijbus PAM, Veerman EC. The effect of physical exercise on salivary secretion of muc5b, amylase and lysozyme. *Arch. Oral Biol*. 2015;60:1639-44.
32. Grzesiak-Gasek I, and Kaczmarek U. Influence of swimming training session on selected saliva components in youth swimmers. *Front Physiol*. 2022;13:869903.
33. Bishop NC, and Gleeson M. Acute and chronic effects of exercise on markers of mucosa immunity. *Front Biosci*. 2009;14:4444-56.
34. Hegde MN, Attavar SH, Shetty N, Hegde ND, Hegde NN. Saliva as a biomarker for dental caries: A systematic review. *J Conserv Dent*. 2019;22:2-6.
35. Kubala E, Strzelecka P, Grzegocka M, Lietz-Kijak D, Gronwald H, Piotr S, Kijak E. A review of selected studies that determine the physical and chemical properties of saliva in the field of dental treatment. *Biomed Res Int*. 2018;2018:6572381.
36. Bretz WA, Carrilho MR. Salivary parameters of competitive swimmers at gas-chlorinated swimming-pools. *J Sports Sci Med*. 2013;12:207-208.
37. World Health Organization (WHO). Guidelines for safe recreational water environments. 2006; p. 63.
38. Lee J, Jun MJ, Lee MH, Lee MH, Eom SW, Zoh KD. Production of various disinfection byproducts in indoor swimming pool waters treated with different disinfection methods. *Int J Hyg Environ Health*. 2010;213:465-74.
39. Teo TL, Coleman HM, Khan SJ. Chemical contaminants in swimming pools: occurrence, implications and control. *Environ Int*. 2015;76:16-31.
40. Gopal K, Tripathy SS, Bersillon JL, Dubey SP. Chlorination byproducts, their toxicodynamics and removal from drinking water. *J Hazard Mater*. 2007;140:1-6.
41. American Public Health Association. Public swimming pools: recommended regulations for design and construction, operation and maintenance. 1981.
42. Savad EM. Enamel erosion... multiple cases with a common cause (?). *JN J Dent Assoc*. 1982; 53:32, 35-7, 60.
43. Lussi A, Schlueter N, Rakhmatullina E, Ganss C. Dental erosion overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res*. 2011;45 Suppl 1:2-12.
44. Farsi N. Dental caries in relation to salivary factors in Saudi population groups. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9:16-23.
45. Allgrove JE, Oliveira M, Gleeson M. Stimulating whole saliva affects the response of antimicrobial proteins to exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24:649-55.
46. Dimitriou L, Sharp NCC, Doherty M. Circadian effects on the acute responses of salivary cortisol and iga in well trained swimmers. *Br. J. Sports Med*. 2002;36:260-4.
47. Ahamady K, Marsh PD, Newman HN, Bulman JS. Distributions of *S. mutans* and *S. sobrinus* at sub-sites in human approximal dental plaque. *Caries Res*. 1993; 27:135-9.
48. Berkowitz RJ, Turner J, Green P. Maternal salivary levels of *Streptococcus mutans* and primary oral infection of infants. *Arch Oral Biol*. 1981;26:147-9.
49. Nagashima S, Yoshida A, Ansai T, Watari H, Notomi T, Maki K, Takehara T. Rapid detection of the cariogenic pathogens *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* using loop-mediated isothermal amplification. *Oral Microbiol Immunol*. 2007;22:361-8.
50. Beighton D. The complex oral microflora of high-risk individuals and groups and its role in the caries process. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2005;33:248-55.
51. Xiao J, Huang X, Alkher N, Alzamil H, Alzoubi S, Wu TT, et al. *Candida albicans* and early childhood caries: a systematic review and meta-analysis. *Caries Res*. 2018;52:102-112.
52. da Mata AD, da Silva Marques DN, Silveira JM, Marques JR, de Melo Campos Felino ET, Guilherme NF. Effects of gustatory stimulants of salivary secretion on salivary pH and flow: a randomized controlled trial. *Oral Dis*. 2009;15:220-8.
53. Mosca AC, Stieger M, Neyraud E, Brignot H, Wiel A. How are macronutrient intake, BMI, ethnicity, age, and gender related to the composition of unstimulated saliva? A case study. *J Texture Stud*. 2019;50:53-61.
54. Hunter ML, Patel R, Loyn T, Morgan MZ, Fairchild R, Rees JS. The effect of dilution on the in vitro erosive potential of a range of dilutable fruit drinks. *Int J Paediatr Dent*. 2008;18:251-5.
55. Hunter ML, Patel R, Rees JS. The in vitro erosive potential of a range of baby drinks. *Int J Paediatr Dent*. 2009;19:325-9.
56. Committee on Nutrition and the Council on Sports Medicine and Fitness. Sports drinks and energy drinks for children and adolescents: are they appropriate? *Pediatrics*. 2011;127:1182-9.
57. Mathew T, Casamassimo PS, Hayes JR. Relationship between sports drinks and dental erosion in 304 university athletes in Columbus, Ohio, USA. *Caries Res*. 2002;36:281-7.
58. Buczkowska-Radlinska J, Łagocka R, Kaczmarek W, Górski M, Nowicka A. Prevalence of dental erosion in adolescent competitive swimmers exposed to gas-chlorinated swimming pool water. *Clin Oral Investig*. 2013;17:579-83.
59. Gonçalves PHPQ, Guimarães LS, de Azeredo FNA, Wambier LM, Antunes LAA, Antunes LS. Dental erosion prevalence and its relation to isotonic drinks in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sport Sciences for Health*. 2020;26:207-16.
60. Zero DT. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. *Eur J Oral Sci*. 1996;104:162-177.
61. Lussi A, Megert B, Shellis RP, Wang X. Analysis of the erosive effect of different dietary substances and medications. *Br J Nutr*. 2012;107:252-62.

Espíritu **UCAM** Espíritu Universitario

Miguel Ángel López

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



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

⁽¹⁾ Presencial ⁽²⁾ Semipresencial

Lactate responses in high-intensity interval training sessions and their metabolic implications in different protocols: an integrative review

Leandro Sant'Ana¹, Moacir Marocolo¹, Anderson Meirelles¹, Géssica Tolomeu de Oliveira¹, Hiago L.R. Souza¹, Rhaí André Arriel¹, Fabiana Rodrigues Scartoni²

¹Exercise Physiology and Performance Research. Department of Biophysics and Physiology. Federal University of Juiz de Fora. Brazil. ²Sport and Exercise Sciences Laboratory. Catholic University of Petropolis. Petropolis. Brazil.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00170

Recibido: 15/04/2023

Aceptado: 16/03/2024

Summary

Objective: To verify, through an integrative review, the behavior of lactate in the face of High-Intensity Interval Training (HIIT). **Material and method:** Specific recommendations for the type of work were followed. Original studies that used HIIT in different populations were used. In order for the discussions to be broader, publication periods were not determined. The studies included in this review were carried out with healthy, trained individuals.

Results: Both types of protocol (short and long) result in a significant increase in lactate due to the high metabolic demand. Lactate can provide parameters for the aerobic and anaerobic contribution, as a more significant accumulation of this metabolite can lead to a greater anaerobic contribution. However, in HIIT, recovery time can interfere with lactate accumulation, which predicts the magnitude of the aerobic and/or anaerobic contribution. Shorter recovery times may require greater aerobic contributions, due to insufficient resynthesis of energy (ATP) via the glycolytic pathways. There is a tendency for lactate to accumulate more due to the high anaerobic effect (even with aerobic participation) and the lower removal capacity of this metabolite. On the other hand, a longer recovery time is more conducive to optimizing energy resynthesis via the glycolytic pathway, as there will be more time for this system to re-establish itself (totally or partially) in order to perform a high-intensity stimulus. With regard to lactate, the longer the recovery time, the lower the accumulation, as there is greater removal capacity and less intramuscular imbalance responsible for acidosis.

Conclusion: Despite some limitations, this review shows that we can use lactate to determine energy demand. However, it seems that the recovery time between stimuli is a determining factor in energy intake and, consequently, lactate accumulation. In this way, this metabolite can help us understand different HIIT protocols and, therefore, prescribe them for different objectives.

Key words:

Interval training. Lactate. Aerobic system. Anaerobic system. Training physiology.

Respuestas del lactato en sesiones de entrenamiento interválico de alta intensidad y sus implicaciones metabólicas en diferentes protocolos: una revisión integradora

Resumen

Objetivo: Verificar, a través de una revisión integradora, el comportamiento del lactato frente al Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT).

Material y método: Se siguieron recomendaciones específicas para el tipo de trabajo. Se utilizaron estudios originales que utilizaron HIIT en diferentes poblaciones y no se determinaron los periodos de publicación. Los estudios incluidos en esta revisión se realizaron con individuos sanos y entrenados.

Resultados: Los protocolos cortos y largos dan lugar a un aumento significativo del lactato debido a la elevada demanda metabólica. El lactato puede proporcionar parámetros para la contribución aeróbica y anaeróbica, ya que una acumulación más significativa de este metabolito puede conducir a una mayor contribución anaeróbica. Sin embargo, en el HIIT, el tiempo de recuperación puede interferir con la acumulación de lactato, lo que predice la magnitud de la contribución aeróbica y/o anaeróbica. Los tiempos de recuperación más cortos pueden requerir mayores contribuciones aeróbicas, debido a la insuficiente resíntesis de energía a través de las vías glucolíticas. Existe una tendencia a una mayor acumulación de lactato debido al elevado efecto anaeróbico y a la menor capacidad de eliminación de este metabolito. Por otro lado, un mayor tiempo de recuperación es más propicio para optimizar la resíntesis energética a través de la vía glucolítica, ya que habrá más tiempo para que este sistema se restablezca para realizar un estímulo de alta intensidad. Al lactato, cuanto mayor sea el tiempo de recuperación, menor será la acumulación, ya que existe una mayor capacidad de eliminación y un menor desequilibrio intramuscular responsable de la acidosis.

Conclusiones: Esta revisión muestra que podemos utilizar el lactato para determinar la demanda energética. Parece que el tiempo de recuperación entre estímulos es un factor determinante en el consumo energético y, en consecuencia, en la acumulación de lactato. Este metabolito puede ayudarnos a comprender diferentes protocolos HIIT.

Palabras clave:

Entrenamiento por intervalos. Lactato. Sistema aeróbico. Sistema anaeróbico. Fisiología del entrenamiento.

Correspondencia: Leandro Sant'Ana
E-mail: losantana.ufjf@gmail.com

Introduction

High-Intensity Interval Training (HIIT) has become popular in the fitness and training market and is among the latest trends in activities to be practiced worldwide¹. Regarding scientific research, studies related to HIIT have shown constant growth². HIIT, first and foremost, is not a method but a variation of interval training (which is the method)³. Physiologically, HIIT causes necessary adaptations, central (e.g., maximum oxygen consumption, cardiac efficiency, etc.) and peripheral (e.g., molecular responses, mitochondrial density, etc.)⁴ and metabolic (e.g., muscle glycolytic and oxidative capacity)⁵.

These adaptations are relevant to the functional improvement of essential variables for increasing health levels⁶⁻⁸. These components are significantly altered because, in HIIT, high-intensity stimuli provide a high and rapid physiological demand⁴, which can consequently interfere with chronic conditional responses. On the metabolism behavior, in HIIT, independent of the level of contribution of the energy pathway^{9,10}, there is a high lactate production. This is because there is a high metabolic demand due to the high intensity of the stimuli¹¹.

In general, one of the reactions to physical exercise is the behavior of lactate, a component resulting from glycolytic metabolism, independent of its magnitude of contribution to the exercise performed¹², widely used to delineate intensities starting from the anaerobic threshold^{13,14} and is also considered one of the primary markers of fatigue and physiological stress^{15,16}. In HIIT, we can better understand the stimuli applied through the accumulation of lactate, which is an important parameter for metabolic analysis¹⁷ and, therefore, performance¹⁸.

HIIT has been widely used in different training fields with different objectives. However, there is a gap in knowing more about its repercussions on the behavior of lactate, one of the components responsive to high-intensity effort. In this way, it will be even more possible to have a more significant interpretation of the metabolic reactions in different protocols of this training variation, thus making it possible to apply it with greater precision to different physiological objectives. In addition, despite knowing about the participation of lactate during a physiological integration in different organic metabolisms¹⁹, we don't know for sure about the possible positive response of HIIT against lactate.

Another issue is that we know that lactate will be produced significantly as a result of high-intensity stimuli. In HIIT, little is known about lactate production and its significance in metabolism in different protocols. Could it be that the level of production can direct energy behavior in HIIT? Therefore, through an integrative review, this study aimed to describe lactate responses in HIIT sessions and their interpretations of metabolic behavior in different protocols.

Material and method

This integrative review was developed following specific scientific recommendations for this type of research^{20,21}. Therefore, this research was conducted after determining some didactic parameters, such as problem formulation, bibliographic research, data evaluation and analysis (of the selected studies), and finally, data interpretation and presentation^{22,23}. As this is an integrative review, it was not necessary to determine a minimum

or maximum publication period for the articles selected for this discussion. However, only studies directly related to this research's subject were used. The studies selected for this integrative review were found in Pubmed and Web of Science scientific databases. For this search, strategies using combinations of keywords related to the theme of the work were used²⁴. Moreover, the personal archives of the researchers involved in the work were consulted to identify possible studies to be included in this work.

A brief explanation of HIIT: Types of protocols, terminology, and methodological aspects

HIIT can be applied in different types of protocols characterized by the stimulus time, which is more directly short (<60 s) and long (≥ 60 s)²⁵. HIIT with short stimuli is generally conducted in sprints, called Repeated Sprint Training (RST) or Sprint Interval Training (SIT). But, even more categorically, in HIIT, stimuli of less than or equal to 10 seconds (RST) and 10-30 seconds (SIT) were considered to be short, 30 to 2 minutes as medium, and greater than or equal to 2 minutes as long⁶.

In methodological terms, the literature on HIIT is based on physiological (e.g., maximum oxygen consumption and heart rate) and mechanical (e.g., maximum aerobic speed) thresholds to define this variation of IT application^{26,27}. In general, HIIT is applied at submaximal (close to the determined threshold: 90-95%), maximal (at the determined threshold: 100%), and supramaximal (above the determined threshold: greater than 100%) stimulus intensities related to some physiological or mechanical parameter^{25,28}. However, due to its different methodological variations, HIIT can interfere with understanding its applicability^{25,28} for different objectives and sampling characteristics.

A brief explanation of lactate in response to exercise

The lactate is well known for its role in protecting and preserving the cellular environment (though for a limited time) in a situation of acidosis being established due to heavy exertion¹⁵. However, this component also participates in critical metabolic functions in different systems of the human organism. In addition, lactate is an essential component (despite some misinterpretations) in cellular metabolism, through oxidation not only by the well-known Cori cycle but also by mitochondria²⁹. Another important role of lactate is in the heart, where this organ participates directly in the transport function of the metabolite³⁰ and also has a demand for consumption of this chemical component through myocardial metabolism³¹.

Still on the importance of lactate in physiological behavior, this component is also a direct agent in the efficiency of brain function in terms of the energy process³² and the performance of executive functions, which are essential and necessary for human beings³³. Finally, mediated by the anaerobic threshold, lactate is also present in a broad physiological integration, which allows for better responses in different states (rest and/or exertion)¹⁹. All this behavior in different systems will be decisive in times of effort, especially at high intensity.

HIIT, its repercussions on lactate, and interpretations of energy metabolism

In HIIT, high-intensity stimuli cause a significant increase in lactate in response to the high metabolic demand³⁴. This is due to the demand for anaerobic metabolism during stimuli^{9,28}, but it's important to note that even with this anaerobic demand, HIIT is predominantly aerobic^{10,25}, including critical intramuscular responses to increased oxidative metabolism through mitochondrial density (greater efficiency) and biogenesis (reproduction)³⁵.

Considering that lactate is an essential component in the intramuscular energy process^{12,15}, as well as in other important organs (e.g. heart and brain)^{31,32}, HIIT can be a positive intervention in the sense of enabling production/removal (by different pathways, e.g. liver and heart) and thus promoting more significant interaction of this metabolite with the physiological environment.

HIIT and lactate responses in some studies with short model protocols

In general, HIIT with short stimuli is methodologically conducted at maximum or supramaximum intensities^{25,28}, and therefore, there is a high lactate response³⁶ due to its high metabolic demand. For example, some studies have shown the repercussions of protocols with the same (short) characteristics on this important metabolite. Bogdanis *et al.*³⁷ used a protocol with only two stimuli, 30 seconds ($75\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$), plus a third 6-second stimulus (11 minutes after the second 30-second sprint). A 4-minute recovery period (active and passive) was used. Between the conditions (type of recovery), they observed no differences in lactate responses, but there was an approximate increase of $1.0\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ to $12.0\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$.

Among the control variables of HIIT, it is discussed that the type of recovery (active or passive) can influence the accumulation of lactate³⁸. But, controversially, protocols with six 15-second stimuli (all out) with 3-minute active (80 rpm - 1 kg) and passive recovery showed no difference in lactate (active rec: $9.09 \pm 2.37\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$; passive rec: $10.05 \pm 2.84\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) after the protocol³⁹. Furthermore, both active and passive recovery showed no differences in lactate ($P > .05$) after a short protocol containing two 15-second stimuli (120% maximum aerobic speed: MAS) with 15 seconds of recovery (the active one with 50% MAS), with values of $10.7 \pm 2.0\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ for active recovery and $11.7 \pm 2.1\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ for passive recovery⁴⁰. In addition, 2 stimuli of 15 or 30 seconds (conditions carried out on different days) with three types of recovery (also carried out on different days) with 15 seconds, being active (20 and 40% maximum aerobic power) and passively generated a peak in lactate accumulation of $14.5 \pm 2.8\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, with all conditions having values close without significant differences ($P > .05$)⁴¹.

Protocols with a progressive stimulus volume (every 2 weeks), starting with 6 (1st and 2nd week) and ending with 8 (5th and 6th week) of 30 seconds (120% MAS) with 3 to 5 minutes of active recovery (50w), did not alter the average lactate results (post-effort) in groups that performed 1 HIIT session per week ($9.5 \pm 1.7\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) to those that performed 2 weekly sessions ($9.8 \pm 2.9\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$)³⁴.

HIIT and lactate responses in some studies with long-model protocols

Long protocols usually work with submaximal stimuli (close to thresholds)^{9,10}. However, they also cause high responses in lactate production. Acala *et al.* (2020), using a protocol with 4 stimuli of 4 minutes (85-95% HR_{max}) with 3 minutes of active recovery (25% peak power output - PPO), showed discreet results in intra ($9.3 \pm 2.4\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) and post ($8.1 \pm 2.2\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) lactate. In another study with progressive stimulus volume (3 sessions per week), from 8 (1st week) to 10 (3rd week) of 1 minute (130% of ventilatory threshold = 70% PPO) with only 15 seconds of active recovery (10% PPO) they observed no differences ($P > .05$) in lactate between the first ($10.5 \pm 2.2\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) and ninth session ($10.3 \pm 2.2\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$)⁴³.

Agnol *et al.* (2021) used four protocols with stimuli conducted at self-selected intensities (maximum possible levels): 1) 4 stimuli of 4 minutes for 1 minute of recovery, 2) 4 stimuli of 4 minutes for 2 minutes of recovery, 3) 4 stimuli of 8 minutes for 2 minutes of recovery and, 4) 4 stimuli of 8 minutes for 4 minutes of recovery. All protocols had active recovery at an intensity of between 80 and 100 w. Lactate was measured before and after the session (1, 3, 5, and 9 minutes). No differences ($P > .05$) were found between the mean and peak values, respectively, for protocols 1 ($8.8 \pm 4.1\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ and $11.3 \pm 5.0\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), 2 ($9.0 \pm 2.8\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ and $11.9 \pm 3.4\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), 3 ($7.0 \pm 2.8\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ and $8.6 \pm 3.3\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) and 4 ($8.1 \pm 3.4\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ and $9.6 \pm 4.3\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$).

Another study carried out the interventions on a natural road (outdoors) with an equalized volume of 4800 meters: 1) 12 stimuli of 400 meters (with 15 seconds of passive recovery), 2) 6 stimuli of 800 meters (with 30 seconds of passive recovery) and 3) 3 stimuli of 1600 meters (with 60 seconds of passive recovery). This study was conducted with two groups: runners (R) and multi-sport athletes (MT: triathletes, mountain bikers, and skiers). After the sessions, the lactate values did not differ ($P > .05$) between the groups for protocols 1 (R: $16.7\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ and MT: $15.3\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), 2 (R: $15.1\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ and MT: $14.6\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) and 3 (R: $15.9\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ and MT: $16.5\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$)⁴⁵. Billat *et al.* (1999) observed a maximum lactate value of $8.4 \pm 2.3\text{ mmol}$ with a training program with different stimuli. l^{-1} . The intensities of the programmed stimuli were related to speed related to $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($v\text{VO}_{2\text{max}}$) and speed related to the onset of blood lactate accumulation ($v\text{OBLA}$) and with active recovery at 60% $v\text{VO}_{2\text{max}}$.

Metabolic implications and interpretations of lactate behavior in different HIIT protocols

Despite some confusion, it is now well established that HIIT (and its sub-variations: SIT and RST) is aerobic^{9,10,25}. Perhaps the reason for some confusion is that the stimulus is considered in isolation (which can have an anaerobic characteristic), whereas, when it comes to HIIT, the session as a whole is considered in terms of its metabolic power^{36,46}.

However, lactate can provide parameters for aerobic and anaerobic contribution^{47,48}. However, in terms of types of protocols, in HIIT, one of

the variables that can significantly define the energy contribution is the length of the recovery period⁴⁹, not being so restricted to its type, active or passive^{38–40}. To this end, shorter recoveries increase the demand for aerobic input⁹. This is because the recovery time is insufficient to promote the resynthesis of energy (ATP) via glycolytic pathways, leading to a greater aerobic contribution^{36,46,49}. These protocols tend to have a greater lactate accumulation because they promote a greater reduction in blood pH and H⁺ ions⁵⁰. Lactate, to a certain extent, tries to contain intramuscular acidosis using a mechanism called buffering, and also that in short recovery times, the ability to remove this lactate becomes more complex through different physiological pathways^{12,15,16}.

On the other hand, in HIIT, stimuli with a longer recovery time are more likely to optimize energy resynthesis via the glycolytic pathway, as there will be more time for this system to re-establish itself (wholly or partially) to perform high-intensity stimuli (mainly short stimuli: short HIIT)⁹. In this case, regarding the behavior of lactate, it tends to be the case that the longer the recovery time, the lower the accumulation of lactate⁴⁴. Another issue is that HIIT can also promote greater anaerobic capacity, and this makes the system more efficient, providing more work for less energy expenditure, resulting in less lactate accumulation⁴⁷ and consequently improving the lactate threshold³⁴.

Finally, HIIT also improves intramuscular oxidative capacity^{48,51}, making the aerobic contribution efficient (in this case, regardless of the type of protocol) through cellular mechanisms, such as improved mitochondrial density^{4,5,52}, so less lactate will also be accumulated. However, a significant increase in lactate during maximal/supra-maximal stimuli can also occur because the lactate produced is being reused for intramuscular energy resynthesis, but this is a particular case in severe exercise in terms of intensity^{36,46}.

Study limitations

This study has some limitations, and perhaps the main one, even knowing that HIIT is predominantly aerobic⁴⁶, is the fact that there are no studies that have evaluated the energy contribution (aerobic and anaerobic) of high-intensity interval training sessions. Studies on this topic are scarce. Studies on this subject are scarce^{47,48}, making it more challenging to discuss and even assume specific explanations related to the metabolic mechanism of lactate responses in HIIT. Therefore, we believe that, even without being able to extrapolate or even expose more information, this review is composed of the necessary information for the understanding of this physiological phenomenon between HIIT and lactate to be absorbed. However, further studies on this subject are of the utmost importance to make the whole context of this essential mechanism even more solid, and it deserves attention at the time of prescription (coach) and training (coach and/or practitioner/athlete).

Conclusion

Based on an integrative review, this study aimed to discuss the behavior of lactate in different HIIT protocols and the state of energy metabolism. However, even though it is constrained (as not all studies have assessed levels of aerobic or anaerobic contribution), we can use

lactate to guide energy demand as long as this interpretation is coherent and without extrapolation. In this way, this metabolite can help understand different HIIT protocols and thus help prescribe this type of training to achieve different objectives. Similarly, using lactate (for the same HIIT intervention), we can suggest an improvement in metabolic performance, for example, a lower accumulation of post-exercise lactate compared to previous interventions. This parameter is fundamental for assessing physiological and mechanical performance.

Acknowledgments

To the Department of Biophysics and Physiology, of the Biological Sciences sector of the Federal University of Juiz de Fora.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest with this research.

Bibliography

1. Thompson WR. Worldwide survey of fitness trends for 2023. *ACSM's Health Fit J.* 2023;27:9-18.
2. Atakan MM, LiYC, Kosar SN, Turnagol HH, Yan X. Evidence-based effects of high-intensity interval training on exercise capacity and health: a review with historical perspective. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18.
3. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32:53-73.
4. MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol.* 2017;595:2915-30.
5. Gibala MJ, Mcgee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev.* 2008;36:58-63.
6. Wen DZ, Utesch T, Wu J, Robertson S, Liu J, Hu GP, et al. Effects of different protocols of high intensity interval training for VO_{2max} improvements in adults: a meta-analysis of randomised controlled trials. *J Sci Med Sport.* 2019;22:941-7.
7. Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med.* 2017;51:494-503.
8. Gist NH, Fedewa MV, Dishman RK, Cureton KJ. Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2014;44:269-79.
9. Billat VL. Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle- and long-distance running. part II: anaerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31:75-90.
10. Billat VL. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. special recommendations for middle- and long-distance running. part I: aerobic interval training. *Sports Med.* 2001;31:13-31.
11. Boullousa D, Dragutinovic B, Feuerbacher JF, Benitez-Flores S, Coyle EF, Schumann M. Effects of short sprint interval training on aerobic and anaerobic indices: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports.* 2022;32:810-20.
12. Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol.* 2004;1:5-30.
13. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med.* 2009;39:469-90.
14. Ghosh AK. Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. *Malays J Med Sci.* 2004;11:24-36.
15. Robergs RA. Exercise-induced metabolic acidosis: where do the protons come from? *Sports Sci.* 2001;5:2-19.
16. Lee EC, Fragala MS, Kavouras AS, Queen RM, Pryor JL, Casa DJ. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *J Strength Cond Res.* 2017;31:2920-37.
17. Foster C, Farland CV, Guidotti F, Harbin M, Roberts B, Schuette J, et al. The effects of high intensity interval training vs steady state training on aerobic and anaerobic capacity. *J Sports Sci Med.* 2015;14:747-55.

18. Sant'Ana LO, Scartoni FR, da Cruz TM, Ribeiro AAS, dos Reis NR, da Silva JGV, et al. Acute effects of different sprint intervals on blood pressure, heart rate variability, lactate and performance responses in physically active men. *Open Sports Sci J*. 2022;15:1-11.
19. Sales MM, Sousa CV, Aguiar SS, Knechtle B, Nikolaidis PT, Alves PM, et al. An integrative perspective of the anaerobic threshold. *Physiol Behav*. 2019;205:29-32.
20. Whitemore R, Knaf K. The integrative review: updated methodology. *J Adv Nurs*. 2005;52:546-53.
21. Jackson GB. Methods for integrative reviews. *Rev Educ Res*. 1980;50:438-60.
22. Russell CL. An overview of integrative research review. *Prog Transplant*. 2005;15:8-13.
23. Broome ME. Integrative literature reviews for the development of concepts. In: Rogers B, Knaf K, editors. *Concept Development in Nursing*. Philadelphia: Pa; 2000. p. 231-50.
24. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009;6.
25. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med*. 2013;43:313-38.
26. Del Vecchio FB. *HIIT: Como dominar a prescrição do treinamento intervalado de alta intensidade*. Editora O, editor. Manaus, AM; 2019. 1. ed. ISBN 978-85-62240-08-9.
27. Del Vecchio FB, Ribeiro YS, Picanço LM, Galliano LM. *Exercício intermitente: Estado Da Arte e Aplicações Práticas*. Editora O, editor. Manaus, AM; 2014. 1. ed. ISBN 978-85-62240-02-7.
28. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med*. 2013;43:927-54.
29. Glancy B, Kane DA, Kavazis AN, Goodwin ML, Willis WT, Gladden LB. Mitochondrial lactate metabolism: history and implications for exercise and disease. *J Physiol*. 2014;599:863-88.
30. Brooks GA. Role of the heart in lactate shuttling. *Front Nutr*. 2021;8.
31. Dong S, Qian L, Cheng Z, Chen C, Wang K, Hu S, et al. Lactate and myocardial energy metabolism. *Front Physiol*. 2021;12:1-12.
32. Cai M, Wang H, Song H, Yang R, Wang L, Xue X, et al. Lactate is answerable for brain function and treating brain diseases: energy substrates and signal molecule. *Front Nutr*. 2022;9:1-17.
33. Hashimoto T, Tsukamoto H, Ando S, Ogoh S. Effect of exercise on brain health: the potential role of lactate as a myokine. *Metabolites*. 2021;11.
34. Dalleck L, Bushman TT, Crain RD, Gajda MM, Koger EM, Derksen LA. Dose-response relationship between interval training frequency and magnitude of improvement in lactate threshold. *Int J Sports Med*. 2010;31:567-71.
35. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol*. 2010;6:1011-22.
36. Glaister M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*. 2005;35:757-77.
37. Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HK. Effects of previous dynamic arm exercise on power output during repeated maximal sprint cycling. *Eur J Appl Physiol*. 1996;74:461-9.
38. Germano MD, Sindorf MAG, Crisp AH, Braz TV, Brigatto FA, Nunes AG, et al. Effect of different recoveries during HIIT sessions on metabolic and cardiorespiratory responses and sprint performance in healthy men. *J Strength Cond Res*. 2022;36:121-9.
39. Connolly DAJ, Brennan KM, Lauzon CD. Effects of active versus passive recovery on power output during repeated bouts of short term, high intensity exercise. *J Sports Sci Med*. 2003;2:47-51.
40. Dupont G, Berthoin S. Time spent at a high percentage of VO_{2max} for short intermittent runs: active versus passive recovery. *Can J Appl Physiol*. 2004;29.
41. Dupont G, Moalla W, Matran R, Berthoin S. Effect of short recovery intensities on the performance during two Wingate tests. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1170-6.
42. Acala JJ, Roche-Willis D, Astorino TA. Characterizing the heart rate response to the 4 interval exercise protocol. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:1-10.
43. Astorino TA, Derevere JL, Anderson T, Kellogg E, Holstrom P, Ring S, et al. Blood lactate concentration is not related to the increase in cardiorespiratory fitness induced by high intensity interval training. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16:4-11.
44. Agnol CD, Turnes T, Lucas RD. Time spent near VO_{2max} during different cycling self-paced interval training protocols. *Int J Sports Physiol Perform*. 2021;16:1347-53.
45. Babineau C, Léger L. Physiological response of 5/1 intermittent aerobic exercise and its relationship to 5 km endurance performance. *Int J Sports Med*. 1997;18:13-9.
46. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*. 1993;75:712-9.
47. Burgomaster KA, Heigenhauser GJF, Gibala MJ. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J Appl Physiol*. 2006;100:2041-7.
48. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJF, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol*. 2005;98:1985-90.
49. Balsom P, Seger J, Sjödin B, Ekblom B. Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *Int J Sports Med*. 1992;13:528-33.
50. Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiol Rev*. 2008;88:287-332.
51. Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. Repeated-sprint ability part II: recommendations for training. *Sports Med*. 2011;41:741-56.
52. MacInnis MJ, Zacharewicz E, Martin BJ, Haikalas ME, Skelly LE, Tarnopolsky MA, et al. Superior mitochondrial adaptations in human skeletal muscle after interval compared to continuous single-leg cycling matched for total work. *J Physiol*. 2017;595:2955-68.

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

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

Las citas bibliográficas se expondrán del modo siguiente:

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

Ética

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

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

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

Campaña de aptitud física, deporte y salud



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

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

NUEVO

Analizador de Lactato Biosen C-line

BIOlaster

Medición de glucosa y lactato con **precisión de laboratorio** en una sola prueba



COSTE REDUCIDO DE OPERACIÓN

FÁCIL DE UTILIZAR

- Pantalla táctil en color multilingüe
- Solo se necesitan 20 µl de muestra de sangre total, plasma o suero cuando se utiliza con EKF solución hemolizante de glucosa/lactato precargada (1000 µl)
- Hasta 120 resultados por hora
- Resultados entre 20 y 45 segundos.
- Detección automática del colector de reacción.
- Sensores de chip fácilmente intercambiables sin necesidad de limpiar el electrodo.

EXACTO Y CONFIABLE

- Se usa el método enzimático amperométrico con tecnología de sensor de chip
- Intervalo de medición: **Glucosa 0,5-50 mmol/l (9-900 mg/dl); Lactato 0,5-40 mmol/l (5-360 mg/dl)**
- Precisión: CV ≤ 3 %
- Los microtubos de ensayo precargados de solución hemolizante de glucosa/lactato eliminan la dilución manual
- El innovador diseño de la aguja y el permutador elimina el riesgo de contaminación cruzada
- 3 modos de calibración

MÁXIMA EFICACIA Y COMODIDAD

- Opción de canal doble: resultados de glucosa y/o lactato a partir de una sola muestra
- Sensor de larga duración: Glucosa 60 días/7 500 pruebas Lactato 50 días/6 000 pruebas
- Muestras estables hemolizadas hasta 5 días (refrigeración recomendada)
- Posición STAT

MANEJO EFICAZ DE LOS DATOS

- Conectividad a PC y red mediante interfaces RS232C, USB y Ethernet encriptada
- Conectividad de impresora a través de RS232C, impresión también posible utilizando EKF Link o EKF Link Lite
- Accionado por EKF Link para la transferencia de resultados a LIS/LIMS
- Guarda hasta 2000 resultados
- Lector de códigos de barras integrado (solo disponible en C-Line Clinic)

CLINIC

20 muestras de manera automática
Disponible en:
1 canal de medición: lactato o glucosa
2 canales de medición: lactato y glucosa

GP+

5 muestras de manera automática
Disponible en:
1 canal de medición: lactato o glucosa
2 canales de medición: lactato y glucosa

CLINIC



GP+



BIOlaster



www.biolaster.com



943 300 813 | 639 619 494

