

Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

201

Volumen 38(1)
Enero - Febrero 2021



ORIGINALES

Efectos del ejercicio aeróbico en agua sobre el dolor percibido y la variabilidad cardiaca en mujeres con fibromialgia

Comparison of performance-related responses to an endurance running training between untrained men and women

Ferritin status impact on hepcidin response to endurance exercise in physically active women along different phases of the menstrual cycle

Deep-water running training at moderate intensity and high intensity improves pain, disability, and quality of life in patients with chronic low back pain: a randomized clinical trial

COVID-19 and home confinement: data on physical activity

Comparison of intensity and post-effort response in three interval trainings in young tennis players: running interval, specific interval, and specific intermittent training

REVISIONES

Timing óptimo en la suplementación con creatina para la mejora del rendimiento deportivo

Efectos del ejercicio físico y el ayuno intermitente en la salud: una revisión sistemática



Especialistas en Hipoxia-Altitud Simulada

Generadores, Tiendas, Accesorios (Pulsioxímetros, Analizadores de Oxígeno, Máscaras de Ejercicio,...).



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



Accesorios BioAltitude:



Pulsioxímetro BC Oxygen



Analizador de oxígeno
Biolaster



Filtro Hepa Bioaltitude



Sigue nuestro Blog
de Hipoxia.





Sociedad Española de Medicina del Deporte

Junta de Gobierno

Presidente:

Pedro Manonelles Marqueta

Vicepresidente:

Carlos de Teresa Galván

Secretario General:

Luis Franco Bonafonte

Tesorero:

Javier Pérez Ansón

Vocales:

Miguel E. Del Valle Soto

José Fernando Jiménez Díaz

Juan N. García-Nieto Portabella

Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea

Edita

Sociedad Española de Medicina del Deporte

C/ Cánovas nº 7, local

50004 Zaragoza (España)

Tel. +34 976 02 45 09

femede@femede.es

www.femede.es

Correspondencia:

C/ Cánovas nº 7, local

50004 Zaragoza (España)

archmeddeporte@semede.es

http://www.archivosdemedicinadeldeporte.com/

Publicidad

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

Publicación bimestral

Un volumen por año

Depósito Legal

Zaragoza. Z 988-2020

ISSN

0212-8799

SopORTE válido

Ref. SVR 389

Indexada en: EMBASE/Excerpta Medica, Índice Médico Español, Sport Information Resource Centre (SIRC), Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud (IBECS), Índice SJR (SCImago Journal Rank), y SCOPUS

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

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

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

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

Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

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

Director

Pedro Manonelles Marqueta

Editor

Miguel E. Del Valle Soto

Administración

Melissa Artajona Pérez

Adjunto a dirección

Oriol Abellán Aynés

Comité Editorial

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



Archivos

de medicina del deporte

Volumen 38(1) - Núm 201. Enero - Febrero 2021 / January - February 2021

Sumario / Summary

Editorial

COVID-19: una mirada al futuro

COVID-19: A look to the future

Miguel del Valle 5

Originales / Original articles

Efectos del ejercicio aeróbico en agua sobre el dolor percibido y la variabilidad cardiaca en mujeres con fibromialgia

Effects of water aerobic exercise on perceived pain and cardiac variability in women with fibromyalgia

Matías M. Riquelme, Claudia A. Melipillán, Alexis A. Bacon, Oscar A. Niño-Méndez, Cristian A. Núñez-Espinosa 8

Comparison of performance-related responses to an endurance running training between untrained men and women

Comparación de respuestas relacionadas con el rendimiento a un entrenamiento de carrera de resistencia entre hombres y mujeres no entrenados

Danilo Fernandes da Silva, Cecília Segabinazi Peserico, Fabiana Andrade Machado 15

Ferritin status impact on hepcidin response to endurance exercise in physically active women along different phases of the menstrual cycle

Impacto de las reservas de ferritina sobre la respuesta de la hepcidina al ejercicio de resistencia en las mujeres físicamente activas a lo largo de las diferentes fases del ciclo menstrual

Víctor M. Alfaro Magallanes, Laura Barba Moreno, Ana B. Peinado 22

Deep-water running training at moderate intensity and high intensity improves pain, disability, and quality of life in patients with chronic low back pain: a randomized clinical trial

El entrenamiento de carrera de piscina profunda de intensidad moderada y alta intensidad mejora el dolor, la discapacidad y la calidad de vida en pacientes con dolor lumbar crónico: un ensayo clínico aleatorizado

Ana C Kanitz, Bruna Machado, Denise Rodrigues, Guano Zambelli, André Ivaniski, Natália Carvalho, Thaís Reichert, Edmilson Pereira, Rochelle Rocha, Rodrigo Sudatti, Luiz F Martins 28

COVID-19 and home confinement: data on physical activity

COVID-19 y confinamiento en casa: datos de actividad física

Javier Fernández-Rio, José A. Cecchini, Antonio Méndez-Giménez, Alejandro Carriedo 36

Comparison of intensity and post-effort response in three interval trainings in young tennis players: running interval, specific interval, and specific intermittent training

Comparación de la intensidad y la respuesta post-esfuerzo en tres entrenamientos interválicos en jóvenes tenistas: interválico de carrera, interválico específico e intermitente específico

David Suárez-Rodríguez, Miguel del Valle 41

Revisiones / Reviews

Timing óptimo en la suplementación con creatina para la mejora del rendimiento deportivo

Optimal timing in creatine supplementation to improve sports performance

José Manuel Jurado-Castro, Ainoa Navarrete-Pérez, Antonio Ranchal-Sánchez, Fernando Mata Ordóñez 48

Efectos del ejercicio físico y el ayuno intermitente en la salud: una revisión sistemática

Effects of physical exercise and intermittent fasting for health: a Systematic review

Jorge Salse-Batán, Brian Villar Pérez, Miguel A. Sánchez-Lastra, Carlos Ayán Pérez 54

XVIII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Medicina del Deporte 62

Libros / Books 64

Agenda / Agenda 65

Normas de publicación / Guidelines for authors 66

COVID-19: una mirada al futuro

COVID-19: A look to the future

Miguel del Valle

Escuela de Medicina del Deporte. Universidad de Oviedo.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00019

La pandemia de la COVID-19, debido a su gran virulencia y capacidad de transmisión, ha afectado a la salud de una buena parte de las personas que han sufrido la enfermedad y, aunque se han tomado medidas drásticas para mitigar la transmisión bloqueando muchas actividades cotidianas, el número de casos positivos y muertes sigue aumentando. Esta crisis de salud, de una evolución sin precedentes, ha generado cambios en el estilo de vida de la sociedad a nivel internacional mermando la calidad de vida que teníamos hace un año.

Sabemos que este virus, altamente contagioso y potencialmente fatal, se transmite fundamentalmente por gotitas respiratorias, aerosoles y contactos, para lo que se requiere una relación humana muy cercana; eso justifica las medidas que se han tenido que tomar y, hasta que no exista una vacunación masiva, el distanciamiento físico es una norma necesaria para frenar o detener la propagación de la COVID-19.

Entre las repercusiones sociales y personales que ha tenido esta pandemia, hasta el momento, hay que destacar las que hemos padecido a nivel deportivo poniendo de manifiesto (creo que por primera vez en la historia de la humanidad) la gran influencia que tiene el deporte sobre nuestras vidas.

La COVID-19 ha entorpecido la práctica deportiva a nivel internacional puesto que la mayoría de los acontecimientos deportivos organizados han sido cancelados o se han pospuesto; no existen precedentes sobre la parálisis que han sufrido las ligas profesionales de fútbol, baloncesto, balonmano o rugby, los eventos de participación masiva como el atletismo, el deporte juvenil o los campeonatos escolares y universitarios. Las restricciones deportivas en la población, y especialmente en niños y adolescentes durante la época del confinamiento, han conseguido mermar su salud física y mental a corto y largo plazo y todavía persisten secuelas. Sin embargo, todas estas decisiones que se han tomado a nivel deportivo para salvaguardar la salud de los deportistas y personas involucradas en el deporte, han sido necesarias. En los últimos meses se ha ido reanudando la práctica deportiva, aunque sin público en la mayoría de eventos, con medidas de distanciamiento social y con muchas precauciones.

La crisis e inestabilidad económica que está sufriendo el deporte profesional tampoco tiene precedentes. La ausencia de público en

las competiciones ha llevado a que la recaudación haya descendido drásticamente con lo que las arcas de clubes, equipos y asociaciones se encuentran bajo mínimos y esto también está pasando factura a los deportistas. Estas restricciones ya han provocado la desaparición de algunos equipos profesionales y abarcan a todo el entorno del deporte, incluidos técnico, personal auxiliar y profesionales de la medicina del deporte.

Las consecuencias de esta pandemia acaban de comenzar a desarrollarse y lo más probable es que muchas de ellas no tengan retorno; no podemos imaginar lo que va a ocurrir en un futuro cercano ya que todo es muy cambiante.

Las personas relacionado con el cuidado de la salud de los deportistas (médicos, fisioterapeutas, podólogos, psicólogos...), al igual que otros profesionales sanitarios, han tenido que adaptarse a la situación que vivimos para realizar todas las actividades de forma segura. Las consultas y centros médicos deportivos tienen que ajustarse a las normas de manera estricta incluyendo el uso de mascarillas, guantes, ropa de protección que debe cumplir con la norma UNE-EN 14126:2004 e incluso remodelación de espacios.

Los profesionales de la Medicina y Ciencias del Deporte nos enfrentamos a un futuro desconocido que debemos de seguir investigando. Disponemos de documentos de consenso y protocolos sobre muchos aspectos relacionados con la práctica de deporte seguro, sobre cómo se deben de reincorporar los deportistas a la práctica de ejercicio físico y al deporte de competición (Guía de reincorporación a la práctica deportiva en el deporte de competición, Directrices para realizar reconocimientos médicos a deportistas que hayan sufrido la enfermedad, SEMED, CGCOM) después del confinamiento. Existen algunos estudios relacionados con los posibles efectos secundarios asociados al uso de mascarillas, durante los entrenamientos intensos, que parecen indicar que se produce un ligero incremento del CO₂ durante la espiración (cuando se utiliza la mascarilla N95), pero, aunque las repercusiones son mínimas, hacen falta más investigaciones.

No sabemos cómo va a afectar esta pandemia al futuro de la Especialidad de Medicina del Deporte. Entre nuestras responsabilidades se encuentra la de garantizar unos entrenamientos y competiciones

Correspondencia: Miguel del Valle

E-mail: miva@uniovi.es

seguros: medidas de distanciamiento físico, uso de mascarillas, uso de biomarcadores y otras estrategias diagnósticas.

También se abren nuevas puertas a nivel científico. Aunque se han realizado muchísimas investigaciones en un tiempo récord relacionadas con las repercusiones de la COVID-19 en el entorno deportivo, todavía hacen falta más estudios. La evidencia sobre las medidas más eficaces que hay que tomar es limitada y las recomendaciones requieren más investigación. Lo que sí es evidente, es que la pandemia ha puesto al descubierto los fallos y debilidades del sistema sanitario.

Los deportistas de cualquier nivel que hayan sufrido la COVID-19 en cualquier grado de afectación, antes de reincorporarse a los entrenamientos, deben de realizar un reconocimiento médico de aptitud deportiva con una exploración dirigida a detectar hallazgos emergentes post COVID-19, con especial atención a los aparatos respiratorio, y cardiovascular, recomendándose un ECG y ecocardiograma, prueba de esfuerzo, Resonancia Magnética cardiaca o medición de biomarcadores cardiacos, si la situación lo requiere. En función de los resultados, podría ser necesario prescribir un programa de ejercicio físico dirigido a mejorar la función cardiorrespiratoria.

No existen suficientes datos sobre el grado de afectación de los deportistas profesionales que han padecido la COVID-19. Algunos estudios han encontrado hasta un 10% de cambios en las pruebas de función pulmonar a los 5-6 meses de seguimiento (en aquellos pacientes que requieren oxígeno durante el tratamiento agudo) y también se han descubierto cambios cardiovasculares, pero no conocemos con claridad las secuelas a largo plazo ni si los deportistas que han sufrido la enfermedad pueden tener un deterioro de la función física, pulmonar, cardiovascular, musculoesquelética, del sistema nervioso o de otros órganos vitales o una reducción de la calidad de vida.

Los datos que existen en estos momentos sobre el tiempo que necesita un deportista que haya tenido complicaciones pulmonares para recuperar íntegramente la capacidad respiratoria son insuficientes, y lo mismo ocurre con los problemas cardiovasculares.

Por otra parte, hay muchas lagunas respecto a cómo deben de reincorporarse las personas al deporte y, especialmente, al alto rendimiento deportivo, de manera segura, tras haber sufrido la enfermedad. Así, todavía no sabemos con certeza si los deportistas que se han visto afectados por la COVID-19 recuperan íntegramente su rendimiento deportivo o han perdido alguna cualidad. Tampoco existen datos sobre si el retorno precipitado al deporte de intensidad puede conllevar un mayor riesgo de complicaciones cardiorrespiratorias, pero está claro que no deben de entrenar hasta que los síntomas desaparezcan. Han de comenzar con ejercicios de baja intensidad y hacer incrementos graduales bajo control médico.

Los cuidados que tenemos que adoptar ahora para evitar contagios, ¿hasta cuándo se deben de mantener? ¿Hasta cuándo hay que seguir utilizando los equipos de protección personal? Posiblemente algunas de estas normas persistirán durante mucho tiempo.

A partir de ahora, posiblemente habrá que modificar los protocolos de reconocimientos médico-deportivos y tendremos que buscar secuelas cardiovasculares, respiratorias u otras afectaciones secundarias a la COVID-19.

El deporte contribuye al desarrollo económico y social y es una gran herramienta para tender puentes entre generaciones y comunidades. Esta crisis sanitaria nos ha servido para entender mejor que el ejercicio físico y los deportes ayudan a mantener nuestro cuerpo y nuestra mente sanos. Esta puede ser una oportunidad para incrementar la participación en actividades deportivas y disminuir ese alto nivel de sedentarismo, que ya existía antes de la pandemia, pero que ahora se ha incrementado.

La búsqueda de los motivos que ocasionaron la rápida propagación de la COVID-19 nos hace reflexionar sobre si ha tenido alguna influencia el modelo y la utilización que le damos en la actualidad a las ciudades, con grandes aglomeraciones de personas durante los desplazamientos, por las calles o plazas o en las zonas de recreo y esparcimiento. Esta mala experiencia que estamos sufriendo nos debería de conducir a crear unas ciudades más saludables y seguras donde se eviten las aglomeraciones, se fomente la mejora de infraestructuras deportivas, el uso de carriles para bicicletas, los parques y las áreas de juego para niños (que deberían estar diseñadas para la actividad y no para estar sentados esperando que alguien les mueva), redes peatonales, senderos... En definitiva, promover la práctica de ejercicio físico saludable y seguro con actividades al aire libre dirigidas a las personas más vulnerable, asegurando la salud y la calidad de vida de la población e incrementando la eficiencia sanitaria.

Bibliografía recomendada

- Barker-Davies RM, O'Sullivan O, Senaratne KPP, Baker P, Cranley M, Dharm-Datta S, et al. The Stanford Hall consensus statement for post-COVID-19 rehabilitation. *Br J Sports Med.* 2020 Aug;54(16):949-959. doi: 10.1136/bjsports-2020-102596.
- Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ, et al. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2020;395(10242):1973-87.
- Clerkin KJ, Fried JA, Raikhelkar J, Sayer G, Griffin JM, Masoumi A et al. COVID-19 and Cardiovascular Disease. *Circulation.* 2020;141(20):1648-1655. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.046941.
- Epstein D, Korytny A, Isenberg Y, Marcusohn E, Zukermann R, Bishop B, et al. Return to training in the COVID-19 era: The physiological effects of face masks during exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2021 Jan;31(1):70-75. doi: 10.1111/sms.13832.
- Fabre JB, Grelot L, Vanbiervliet W, Mazerie J, Manca R, Martin V. Managing the combined consequences of COVID-19 infection and lock-down policies on athletes: narrative review and guidelines proposal for a safe return to sport. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2020 Oct 19;6(1): e000849. doi: 10.1136/bmjsem-2020-000849.
- Mulcahey MK, Gianakos AL, Mercurio A, Rodeo S, Sutton KM. Sports Medicine Considerations During the COVID-19 Pandemic. *Am J Sports Med.* 2020 Nov 16;363546520975186. doi: 10.1177/0363546520975186
- Wang T, Du Z, Zhu F, Cao Z, An Y, Gao Y, et al. Comorbidities and multiorgan injuries in the treatment of COVID-19. *Lancet* 2020; 21;395(10228): e52. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30558-4.

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 Fede n° 12
Depósito Legal: B. 27334-2013
ISBN: 978-84-941761-1-1
Barcelona, 2013
560 páginas.



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



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

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.fede.es

Efectos del ejercicio aeróbico en agua sobre el dolor percibido y la variabilidad cardiaca en mujeres con fibromialgia

Matías M. Riquelme¹, Claudia A. Melipillán^{1,2}, Alexis A. Bacon¹, Oscar A. Niño-Méndez³, Cristian A. Núñez-Espinosa¹

¹Escuela de Medicina. Universidad de Magallanes. Punta Arenas. Chile. ²Corporación de Rehabilitación Club de Leones Cruz del Sur. Punta Arenas. Chile. ³Facultad de Ciencias del Deporte y Educación Física. Universidad de Cundinamarca. Colombia.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00020

Recibido: 12/06/2020

Aceptado: 01/12/2020

Resumen

La fibromialgia es una enfermedad caracterizada por presentar un dolor cónico asociada a una desregulación autonómica de quien la padece, sin muchas alternativas de tratamiento. Este estudio tuvo como objetivo, conocer la relación existente entre el ejercicio físico en medio acuático, la percepción del dolor y el control autonómico cardiovascular en mujeres adultas que padecen fibromialgia. La muestra se compuso por 15 mujeres diagnosticadas con fibromialgia quienes participaron en 24 sesiones de ejercicio en medio acuático de 40 minutos. Se evaluaron medidas antropométricas, variabilidad de frecuencia cardiaca (VFC) y percepción de dolor (PCS) en cuatro tiempos experimentales (t1, basal; t2, sesión 8; t3, sesión 16; t4, sesión 24). Además, se evaluó la percepción al dolor en cada sesión a través de EVA. Los resultados muestran, que la percepción del dolor a través de EVA disminuyó al comparar todas las medias evaluadas antes y después de cada sesión ($p < 0.05$). En la aplicación de PCS, un menor Dolor Total y Rumiación se obtuvo al comparar t1 con t4. Los valores de VFC mostraron que SDNN y RMSSD fueron mayores después de la sesión, cuando se comparó t4 con t1 ($p < 0.05$). La frecuencia cardiaca media disminuyó al finalizar las sesiones, mostrando una mejor adaptación al ejercicio. La relación entre dolor y medidas cardiacas, estuvo dada por una correlación positiva en los dominios de dolor registrados antes de las sesiones y los valores de RMSSD y SDNN. En conclusión, la práctica de ejercicio físico en medio acuático, indicaría una menor percepción de dolor y una mejor respuesta autonómica cardiaca en mujeres con fibromialgia.

Palabras clave:
Fibromialgia. Dolor.
Sistema Nervioso Autónomo.
Ejercicio.

Effects of water aerobic exercise on perceived pain and cardiac variability in women with fibromyalgia

Summary

Fibromyalgia is a disease characterized by conical pain associated with autonomic dysregulation of the sufferer, without many treatment alternatives. The objective of this study was to find out the relationship between physical exercise in an aquatic environment, pain perception and cardiovascular autonomic control in adult women suffering from fibromyalgia. The sample consisted of 15 women diagnosed with fibromyalgia who participated in 24 40-minute exercise sessions in a water environment. Anthropometric measures, heart rate variability (HRV) and pain perception (PCS) were evaluated in four experimental times (t1, baseline; t2, session 8; t3, session 16; t4, session 24). In addition, the perception of pain was evaluated in each session through VAS. The results show that the perception of pain through VAS decreased when comparing all the means evaluated before and after each session ($p < 0.05$). In the PCS application, a lower Total Pain and Rumination was obtained when comparing t1 with t4. HRV values showed that SDNN and RMSSD were higher after the session, when t4 was compared with t1 ($p < 0.05$). The mean heart rate decreased at the end of the sessions, showing a better adaptation to exercise. The relationship between pain and cardiac measurements was given by a positive correlation in the pain domains recorded before the sessions and the RMSSD and SDNN values. In conclusion, the practice of physical exercise in an aquatic environment would indicate a lower perception of pain and a better cardiac autonomic response in women with fibromyalgia.

Key words:
Fibromyalgia. Pain.
Autonomous Nervous System.
Exercise.

Correspondencia: Cristian A Núñez-Espinosa
E-mail: cristian.nunez@umag.cl

Introducción

La fibromialgia (FM) es una enfermedad incapacitante, reconocida por la Organización Mundial de la Salud con el código M79.7 de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10 CM)¹. En Latinoamérica existen pocos estudios que indaguen sobre su prevalencia. Sin embargo, el Hospital Clínico de la Universidad de Chile el año 2005, estimó que la incidencia de esta enfermedad alcanzaba a un 5,4% de la población chilena, mientras que a nivel mundial se estima que afecta al 5% de la población occidental y predominantemente a las mujeres²⁻⁵. Estudios han observado que en Chile existe un acelerado aumento en su diagnóstico en los últimos décadas, lo cual se condice con otros estudios que indican esta misma alza en su diagnóstico a nivel mundial^{2,6}.

Esta enfermedad se caracteriza por dar lugar a dolor crónico, fatiga, bajo rendimiento físico, alteraciones del sueño y depresión entre otros síntomas, con lo cual se predispone al desarrollo de otras patologías entre las cuales encontramos; hipertensión, sobrepeso, diabetes^{1,6}. Estas patologías afectarían la percepción del dolor y su regulación nerviosa convirtiéndose en un problema cíclico de salud, que aumentara con el paso del tiempo^{3,7-13}.

Uno de los ejes claves para comprender esta enfermedad es su directa relación con la desregulación del sistema nervioso autónomo¹⁴. Una de las principales teorías sobre la etiología del dolor asociado a esta patología, indica como agente causal una desregulación a nivel central, en concreto, con el grado de actividad del sistema nervioso simpático y parasimpático^{3,15-18}, es decir, una disautonomía. Esta desregulación se caracteriza por una hiperactividad del sistema nervioso simpático y una hipoactividad del sistema nervioso parasimpático^{5,17}. El aumento de la actividad simpática, característico de la FM, genera un cuadro cíclico de estrés que repercute de manera directa en quienes la padecen¹⁹, proceso que explicaría la disminución del umbral de tolerancia al dolor manifestado por estas personas. Adicionalmente, estos cambios a nivel cerebral repercuten en otros órganos, como el corazón, por lo cual la medición de la variabilidad de frecuencia cardiaca (VFC), podría servir como indicador del estado de actividad simpática y en consecuencia, como un posible indicador de esta patología²⁰, permitiendo una valoración más objetiva en base a un parámetro fisiológico.

Basado en la sintomatología de esta enfermedad, el ejercicio aeróbico ha sido estudiado como una variable que puede disminuir la percepción del dolor, disminuir la fatiga, mejorar la condición física, mejorando así la calidad de vida de las personas²¹. Muchos tipos de ejercicio se presentan como alternativas viables para mejorar la calidad de vida de las personas, sin embargo, aún no existe una clara relación entre los efectos del ejercicio y la regulación autonómica en la FM.

Los estudios no son concluyentes en el tema, por lo cual es difícil estimar con certeza cuál es la mejor metodología para promover los cambios autonómicos basados en la actividad física realizada. En 2004, Gavi, *et al.*, observaron que el ejercicio de fortalecimiento muscular puede disminuir la sintomatología y mejorar la calidad de vida de las personas, pero no cambia la modulación autonómica en la fibromialgia²². En contraste, en 2015 Sañudo *et al.*, señala que sí existen cambios autonómicos tras seis meses de ejercicio, influyendo directamente en cambios en los niveles de ansiedad y depresión de los sujetos²³. Para

poder determinar estos cambios autonómicos, una metodología validada es la medición de la variabilidad de frecuencia cardiaca, la cual nos permite observar los cambios que se presentan en el corazón, representándose bajo dominios de tiempo y frecuencia los cuales permiten estimar la influencia del sistema nervioso en el corazón. Entre las consecuencias del dolor se encuentra la limitación de la actividad física, lo cual favorece que las personas con FM presenten sobrepeso²⁴, asociándose a una disminución en la variabilidad de frecuencia cardiaca y aumento de la actividad simpática en el corazón²⁵. Todos estos antecedentes dimensionan los múltiples factores que pueden incidir en cada una de las personas con fibromialgia, especialmente cuando hablamos del componente autonómico que afectan al corazón, por lo que el estudio de variables de dolor y control autonómico puede otorgar nueva evidencia, que permita comprender mejor, la influencia del ejercicio en el tratamiento de esta enfermedad.

El objetivo de este estudio fue describir y relacionar los cambios provocados por el ejercicio físico en medio acuático, en la percepción del dolor y en el control autonómico cardiovascular a través de la variabilidad cardiaca en mujeres adultas que padecen fibromialgia. En la actualidad, las alternativas de tratamiento no farmacológico de la fibromialgia son variadas, sin embargo, existe poca evidencia de parámetros científicos cuantificables que sirvan como referencia para el tratamiento de la enfermedad, por lo que, todos los nuevos antecedentes serán valiosos en la búsqueda de una mejor calidad de vida para estos pacientes.

Materiales y método

Participantes

En este estudio descriptivo-correlacional participaron 25 voluntarias, seleccionadas mediante un muestreo no aleatorio accidental. Los criterios de inclusión fueron: ser de sexo femenino, con una edad entre los 30 y 60 años con diagnóstico con fibromialgia por un médico fisiatra y encontrarse sin tratamiento farmacológico que afectara las variables cardiacas o vías sensitivas del dolor durante la intervención. Se excluyeron mujeres embarazadas, con patologías cardiacas y aquellas que no poseían una salud compatible con el medio acuático, adicional a ello, se excluyeron del estudio las participantes que no cumplieron con un mínimo de 80% de asistencia a las sesiones de ejercicio en el agua. Luego de aplicar estos criterios, la muestra del estudio se redujo a 15 participantes, quienes cumplieron con todos los requisitos.

El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki de 1975 revisada en 2008 sobre los principios éticos de la experimentación humana, así como también cumple con los estándares éticos del comité responsable de experimentación humana de la Universidad de Magallanes. Todas las mujeres recibieron información general en entrevistas personales donde pudieron resolver todas sus dudas, posterior a lo cual firmaron el consentimiento informado, antes de participar en este estudio.

Instrumentos

Composición corporal

Para la evaluación de las medidas de composición corporal, se realizó mediante bioimpedancia utilizando la pesa Tanita BC-558 Iron-

man Segmental Body Composition Monitor (Tanita Ironman, Arlington Heights, IL 60005 USA) con la cual se obtuvieron los siguientes datos: peso (Kg.), musculatura total (Kg.), composición ósea (Kg.), grasa corporal total (%) y metabolismo basal (Kcal.).

Parámetros de dolor

Para analizar los Parámetros de Dolor de cada participante, se utilizaron dos instrumentos, con los cuales se evaluó la percepción del dolor a través de: Escala Visual Análoga (EVA) y Escala de Catastrofismo ante el Dolor- *Pain Catastrophizing Scale* (PCS)²⁶.

La Escala Visual Análoga de dolor, consiste en una ilustración de 10 cm de largo, en la cual se esquematiza el dolor, asignando un valor numérico a este, sus valores oscilan entre 0, equivalente a "ningún dolor", y 10 "dolor insoportable" (Figura 1).

La Escala de Catastrofismo ante el Dolor, mide como el catastrofismo impacta en la experiencia y percepción del dolor. Esta escala incluye tres áreas de catastrofismo multidimensional: Rumiación; sensación de preocupación constante, "yo no puedo dejar de pensar cuanto me duele"; Magnificación; exageración de lo desagradable del dolor, "me preocupo de que algo serio me pase" y Desesperanza; perdido de esperanza por lograr algo, "no hay nada que yo pueda hacer para disminuir el dolor". Además, ésta escala entrega un valor de Dolor Total que puede ir desde 0 a 52 puntos. La encuesta se compone de 13 ítems, con escalas de 5 puntos, donde 0 es nunca y 4 es todo el tiempo. Las puntuaciones más altas indican niveles más altos de catastrofismo.

Parámetros cardiovasculares

Para analizar estos parámetros se utilizó la Variabilidad de Frecuencia Cardíaca (VFC), la cual fue medida con el equipo Polar Team2 (Polar®, Finlandia).

Los parámetros de dominio de tiempo considerados para el análisis fueron la raíz cuadrada de las diferencias cuadráticas medias de los intervalos RR sucesivos (RMSSD, expresados en ms.), que reflejan la influencia parasimpática²⁷ y la desviación estándar de los intervalos RR (SDNN), que se cree reflejan la variabilidad total, es decir, la contribución simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo^{28,29} sobre el corazón. Finalmente, todos los datos obtenidos fueron digitalizados y analizados utilizando el *software* gratuito Kubios HRV³⁰.

Esfuerzo percibido

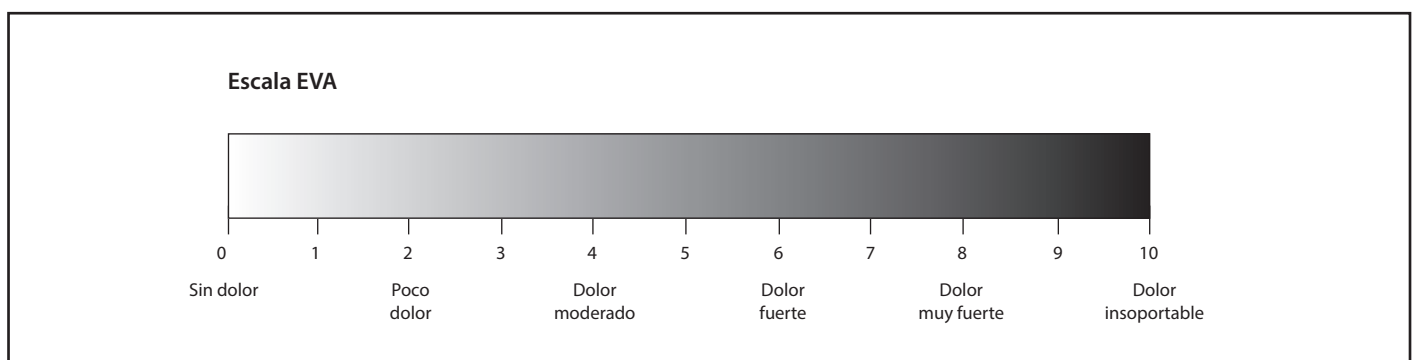
Para guiar un trabajo constante en relación al esfuerzo de cada participante a lo largo del estudio, se utilizó la Escala Borg³¹ de 10 puntos, la cual ha sido diseñada y recomendada para medir la intensidad del trabajo físico, que involucre un trabajo cardiovascular durante la rehabilitación de pacientes. Se consideró un puntaje máximo de 4, para establecer un ejercicio aeróbico de baja intensidad para las participantes^{31,32}.

Procedimiento

Cada participante, luego de firmar voluntariamente el consentimiento informado, pudo ser integrada al estudio. Para las evaluaciones se les solicitó a las participantes no consumir té, café o hierbas estimulantes, y no haber consumido fármacos, medicamentos o drogas en las 12 horas previas a la evaluación. Durante 12 semanas, cada mujer participó en dos sesiones semanales de 40 minutos de ejercicios individuales y grupales en medio acuático, a una temperatura constante de 36°C. Las sesiones eran estructuradas de la siguiente manera: movilidad articular y calentamiento; trabajo de extremidades superiores con material que aumente la resistencia al agua; ejercicios de extremidades inferiores sin peso añadido, privilegiando el desplazamiento en el agua y elevación de la frecuencia cardíaca pero siempre conservando una estimación aeróbica de la actividad; vuelta a la calma con trabajos de relajación en el agua. Cada ejercicio era adaptado a cada paciente de acuerdo a su condición diaria, guiados por la escala de esfuerzo percibido de Borg, considerando una valorización de 4 para una actividad aeróbica de baja intensidad (la valorización total de la escala considerada para este estudio fue de 0 a 10).

La evaluación de los parámetros corporales y PCS, se realizaron en 4 momentos: t1 o basal, realizado antes del inicio de las sesiones de actividad física en medio acuático; t2, realizada previo a la 8ª sesión de entrenamiento en medio acuático; t3, realizada previo a la 16ª sesión de entrenamiento en medio acuático; t4 realizada previo a la 24ª de entrenamiento en medio acuático. Para evaluar cada uno de estos parámetros, se siguieron los protocolos internos de cada instrumento de valoración. Para evaluar el dolor percibido se administró el instrumento EVA a las participantes. Este instrumento se aplicó en dos instancias, la primera 5 minutos antes de la sesión, y la segunda 5 minutos después de finalizada la sesión de ejercicio, durante las 24 sesiones.

Figura 1. Escala EVA basada en Vicente-Herrero et al, empleada para describir el dolor percibido por las participantes del estudio⁴¹.



La evaluación de VFC se realizaba en dos instancias, en cada uno de los tiempos de evaluación (t1, t2, t3 y t4). La primera, posterior a la administración de los cuestionarios y previo a la sesión de actividad en medio acuático, y la segunda, tras finalizar la sesión de actividad física. En el caso de t1 (basal) la evaluación también se replicó dos veces dejando pasar 40 minutos entre cada medida. Para la evaluación de este parámetro se utilizó una banda pectoral en la cual se encontraba el dispositivo Polar. Se le solicitaba a la participante que se la colocase esta banda con el dispositivo y luego se sentara cómodamente, con ambos pies apoyados en el suelo, indicándole que debía estar en esta posición por un tiempo cercano a 5 minutos, para obtener una condición de reposo. Una vez obtenido el estado de reposo, se procedía a iniciar la toma de datos de VFC, por un tiempo no menor a 10 minutos, durante el cual las participantes debían estar tranquilas sin conversar y sin realizar ninguna acción que alterara el ritmo cardiaco, paralelamente se evaluó visualmente la frecuencia de respiración de las participantes para una mayor precisión, siendo esta superior a 12 ciclos por minuto. Los tacogramas generados por el programa Kubios fueron inspeccionados visualmente para excluir defectos de artefactos y latidos ectópicos, no excediendo el 3% de los datos registrados.

En el Anexo 1, se puede observar de modo esquemático el protocolo de obtención de datos empleado en este estudio.

Todos los datos obtenidos fueron digitalizados en una planilla de cálculo de Microsoft Office Excel 2016. Para mantener la privacidad de los participantes, los datos fueron foliados, es decir, se asignó un valor alfanumérico a la identidad de cada sujeto para que solo el investigador encargado pudiese correlacionar los resultados obtenidos con la identidad del participante.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se exportó la base de datos, al software estadístico *Statistical Package for the Social Sciences*® (IBM SPSS) versión 24. Para observar la diferencia entre los cuatro tiempos de evaluación se realizó prueba *t* para muestras relacionadas en PCS y Test de Wilcoxon para parámetros de EVA y VFC. Se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para determinar relaciones entre las variables de PCS y VFC y adicionalmente, se realizaron pruebas descriptivas de los datos recopilados. Todos los análisis se realizaron considerando un valor de significancia estadística en $p < 0,05$.

Resultados

En este estudio el promedio de edad de las participantes fue de 47 años (± 8 años), presentándose sus medidas antropométricas en la Tabla 1.

Los resultados de composición corporal, observados en la Tabla 2, indican que 12 de las 15 mujeres presentan sobrepeso u obesidad ($IMC > 25$).

En relación a las evaluaciones de dolor percibido por EVA, las diferencias estadísticamente significativas están dadas por mayores valores en la entrada que en la salida, en rangos positivos ($Z = -11.265$; $p = 0,001$), lo cual se puede observar en la Figura 2.

En relación a la valoración de dolor por el instrumento PCS, se analizaron los 4 dominios que este evalúa. Los resultados estadísti-

Tabla 1. Medidas antropométricas y de composición corporal de las mujeres que fueron parte de la muestra evaluada.

	t1 (n=15)	t2 (n=15)	t3 (n=15)	t4 (n=15)
Peso (Kg)	76,5 \pm 14,1	76,3 \pm 14,4	76,5 \pm 13,7	75,5 \pm 16,7
IMC	29,1 \pm 4,01	29,8 \pm 4,32	29,9 \pm 4,42	29,5 \pm 4,63
Musculatura total (Kg)	44 \pm 4,66	44 \pm 4,64	44,4 \pm 4,49	43,2 \pm 4,55
Grasa corporal Total (%)	38,5 \pm 7,22	38,3 \pm 7,24	38 \pm 7,95	38,3 \pm 8,18
Composición ósea (Kg)	2,35 \pm 0,24	2,35 \pm 0,22	2,36 \pm 0,21	2,31 \pm 0,23
Metabolismo basal (Kcal)	1418 \pm 154	1414 \pm 151	1425 \pm 143	1391 \pm 160

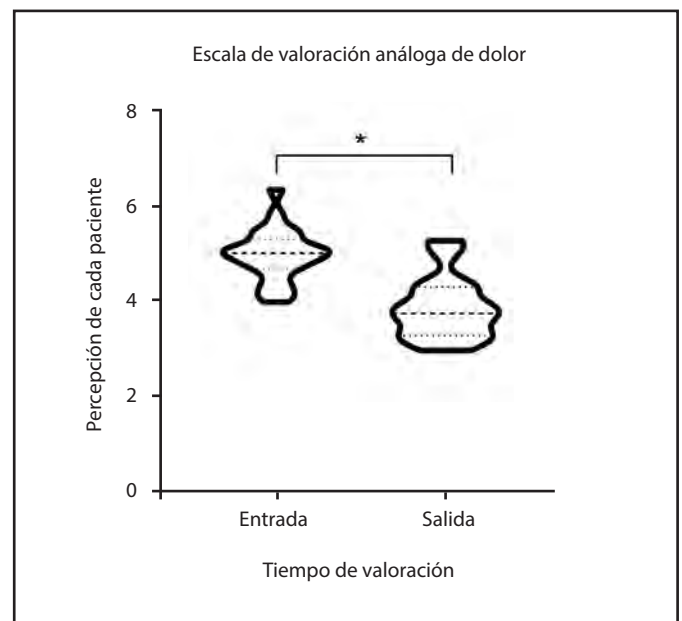
Esta tabla muestra la media \pm desviación estándar de las medidas antropométricas y composición corporal evaluadas a través de la Tanita BC-558 Ironman.

Tabla 2. Categorización de la muestra según IMC.

Valoración	Rango de IMC	Prevalencia
Saludable	18,5 - 24,9	3
Sobrepeso	25,0 - 29,9	5
Obesidad	30,0 - 39,9	7

Esta tabla de construcción propia, presenta la distribución de las participantes del estudio en base a su IMC siguiendo los parámetros de la OMS³³. Se agrupa obesidad moderada (clase I) y severa (clase II) como un solo parámetro.

Figura 2. Valores de la media de puntuación de registro diario de EVA tanto en la entrada, como en la salida de todas las sesiones de ejercicio en medio acuático. Las diferencias significativas esta descrita a través del siguiente código: *, para $p < 0,05$.



cos, muestran diferencias significativas que se puede observar en la Tabla 3.

Respecto a los valores PCS en t4, los valores de Dolor Total presentan una diferencia significativa con $p=0,048$ con un $g=14$ respecto a t4, mientras que similares características estadísticas presento el valor de Rumiación mostrando un $p=0,049$ con el mismo grado de libertad, al comparar los mismos tiempos de estudio.

Los resultados de las medidas cardiovasculares para los diferentes tiempos de evaluación son expresados en la Tabla 4. Se observa que mayoritariamente las diferencias significativas surgen al comparar t1 y t3 con el cuarto tiempo de evaluación (t4). Además, se aprecia una disminución progresiva en la frecuencia cardíaca (Fc) media de las participantes al transcurrir las evaluaciones tanto en la entrada como en la salida de la intervención que, aunque no es significativa, puede ser explicada por una mejora en la adaptación fisiológica al ejercicio.

Al relacionar las variables de PCS y VFC, se pudo observar que en t2 hubo una correlación positiva moderada entre la RMSSD de entrada y la Magnificación ($r_{(s)} = 0,591$, $R^2 = 0,34$ $p = 0,020$), y de RMSSD con Desesperación ($r_{(s)} = 0,514$, $R^2 = 0,26$ $p = 0,050$). Al analizar t3, se observaron

Tabla 3. Valores de escala de catastrofismo ante el dolor (PCS).

	t1 (n=15)	t2 (n=15)	t3 (n=15)	t4 (n=15)
Dolor total	25,7 ± 13,91	18,7 ± 13,4	19,1 ± 11,8	15,7 ± 13,1*
Rumiación	9,13 ± 5,29	6,20 ± 4,52	7,13 ± 4,76	5,47 ± 4,76*
Magnificación	5,67 ± 3,64	4,13 ± 3,62	3,60 ± 2,77	3,60 ± 3,18
Desesperación	10,9 ± 6,10	8,40 ± 5,73	8,40 ± 5,15	6,67 ± 5,59

Esta tabla muestra la media ± desviación estándar para cada área de catastrofismo de PCS considerado en este estudio: Rumiación; Magnificación; Desesperación; Dolor Total. La significancia está dada por valores de $p < 0,05$ y está organizada según la siguiente nomenclatura: *en relación a t1.

Tabla 4. Medidas de variabilidad de frecuencia cardíaca para los diferentes tiempos experimentales.

	t1 (n=15)	t2 (n=15)	t3 (n=15)	t4 (n=15)
SDNN (ms)				
Entrada	16,9 ± 8,69	15,1 ± 8,28	16,5 ± 7,18	22,8 ± 11,7
Salida	14,0 ± 7,18	16,2 ± 7,89	13,6 ± 4,55	22,9 ± 11,7 ^{ae}
RMSSD (ms)				
Entrada	13,5 ± 6,62	11,9 ± 7,25	13,3 ± 6,92	19,9 ± 14,5 ^a
Salida	12,3 ± 4,68	10,8 ± 5,30	9,65 ± 3,32	18,9 ± 11,9 ^{ae}
Fc media (lpm)				
Entrada	89,2 ± 12,5	81,6 ± 13,9	84,1 ± 11,2	82,7 ± 8,64
Salida	99,9 ± 30,3	94,9 ± 26,3	93,0 ± 14,2	81,3 ± 9,56 ^{ae}

Esta tabla muestra la media ± desviación estándar para los valores de VFC considerados en este estudio. SDNN, corresponde a la desviación estándar de los intervalos RR presentada en milisegundos (ms), RMSSD, corresponde a la raíz cuadrada de las diferencias cuadráticas medias de los intervalos RR sucesivos, presentada en milisegundos (ms), Fc media, corresponde a la frecuencia cardíaca media de las pacientes, presentada en latidos por minuto (lpm). La significancia está dada por valores de $p < 0,05$ y está organizada según la siguiente nomenclatura: ^a en relación a t1; ^{ae} en relación a t3.

correlaciones positivas moderada entre las medidas de entrada de Rumiación con SDNN ($r_{(s)} = 0,533$, $p = 0,041$) y de Rumiación con RMSSD ($r_{(s)} = 0,522$, $p = 0,046$). Mientras que en t4 se observó una correlación positiva moderada de los valores de entrada de SDNN con Dolor Total ($r_{(s)} = 0,599$, $p = 0,018$) y SDNN con Desesperación ($r_{(s)} = 0,558$, $p = 0,031$), mientras que RMSSD lo hizo con la Magnificación ($r_{(s)} = 0,516$, $p = 0,049$).

Al comparar el conjunto de valores de entrada y salida de la VFC, no se obtuvo significancias entre los valores de SDNN ($Z = -1,406$; $p = 0,16$), sin embargo, los valores de RMSSD si presentaron diferencia significativa ($Z = -2,506$; $p = 0,012$), mostrando que los rangos de salida eran mayores que los de entrada. La media de frecuencia cardíaca también mostro significancia entre ambos periodos ($Z = -4,461$; $p = 0,012$), indicando que los rangos de salida eran menores que los de entrada.

Discusión

La fibromialgia (FM) predispone al paciente a desarrollar diferentes patologías que afectan principalmente la percepción del dolor, y la regulación nerviosa de mismo, provocando un problema cíclico de salud que afecta de manera constante la calidad de vida de las personas^{2,3,13}. La evidencia de tratamientos no farmacológicos para la FM, señala distintas terapias, que buscan principalmente disminuir la percepción del dolor en los pacientes, abarcando actividades tales como; terapia cognitivo-conductual, acupuntura, atención plena (*mindfulness*), masajes, hidroterapia, entre otras^{12,33,34}. La evidencia científica muestra que el ejercicio físico de baja intensidad y en particular el realizado en medio acuático, son con los que se obtienen mejores resultados en el manejo de la sintomatología^{9,13,35}, sin embargo, el dolor crónico es uno de los principales factores que limitan la realización de ejercicio físico en los pacientes, evidenciando una tendencia al sobrepeso y obesidad con valores de IMC superiores a 25, lo cual fue una característica que también evidenciamos en las participantes de este estudio^{8,10,11}.

Los resultados observados en EVA, nos muestran una disminución perceptiva de dolor al comparar el antes y el después de la sesión de ejercicios. Estos resultados son similares a los encontrados en otros estudios en medio acuático donde se observó que, a través de biodanza se puede disminuir la sensación de dolor posterior a las sesiones de ejercicio³⁵, como también a través de intervenciones físico-rehabilitadora en este mismo medio⁸.

Al evaluar el dolor a través de PCS, se pudo apreciar de forma interesante, una tendencia a disminuir la percepción de dolor a medida que avanzaban las sesiones de ejercicio en cada uno de los dominios que abarca el test. Se muestra en t4 una disminución significativa de la sensación de preocupación constante de dolor, así como también en la percepción general de dolor, en relación al tiempo basal (t1). Aunque no muestran significancias, el dominio de Magnificación y Desesperación también muestran una tendencia a disminuir con el paso de las sesiones de ejercicio. Estos resultados indicarían que una terapia basada en actividad física en un medio acuático sería apropiada para estos pacientes, pudiendo influir en la progresión de percepción dolorosa y contribuir a la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, una limitante de este estudio fue discernir si el bienestar alcanzado por el ejercicio pudo ser afectado por el bienestar social inherente a este tipo de actividad. Por

lo cual, creemos que para próximos estudios se debe incorporar una evaluación del ámbito social que involucra la actividad física, dado que también puede ser un factor influyente en la percepción de dolor de los participantes.

En relación a la regulación autonómica (SDNN), se observó que los valores son más bajos que los encontrados en una población de similares características, pero sin fibromialgia³⁶, sin embargo, el ejercicio tiende a mejorar los valores en el transcurso de progresión de sesiones en medio acuático, especialmente en la respuesta cardiaca luego de haber terminado la sesión. El aumento progresivo de la respuesta autonómica también se observa en la respuesta parasimpática de las pacientes. Los valores de RMSSD, también son más bajos que en una población sin la patología asociada³⁶, aunque existe un aumento significativo en relación a los valores basales durante la progresión de las sesiones, tanto antes como después de sesión de ejercicio. Efectos similares en la modulación autonómica, no fueron percibidos en pacientes con fibromialgia sometidas a un entrenamiento de resistencia³⁷, presumiblemente por la intensidad del ejercicio utilizado, mientras que tratamientos a través de hidroterapias, son los que mayor efectividad han dado en la mejora no lineal de la VFC en estos pacientes³⁸. Nosotros hipotetizamos que los cambios percibidos pueden deberse a una mejor adaptación al ejercicio físico de baja intensidad y regulado según las posibilidades fisiológicas del paciente, permitiéndole avanzar de acuerdo a sus propias posibilidades³⁹. Nuestra evidencia, nos muestra que al comparar las distintas medidas de Fc media de entrada, observamos que no se perciben mayores cambios, contrario a lo observado en las Fc media de salidas, mostrando que ante un mismo esfuerzo que al principio pudo ser muy agotador al finalizar la intervención ya no lo era tanto. Por lo tanto, estos valores implican que la realización de ejercicio, no solo posibilitaría una reducción en la posibilidad de padecer enfermedades asociadas a la FM, sino que también mejorarían la regulación autonómica y cardiovascular de quienes lo realizan.

Al relacionar los valores tanto cardiacos como de dolor, encontramos relaciones entre los tiempos experimentales de ejercicio y no así en el tiempo basal. La respuesta parasimpática representada por RMSSD, estuvo relacionada positivamente con dominios de dolor de PCS en t2, t3 y t4, siempre a la entrada de la sesión. Similares valores se obtuvieron a relacionar positivamente los valores de regulación autonómica de SDNN en la entrada de t3 y t4 con los dominios de dolor de PCS. Basándonos en que PCS mide la percepción de dolor durante todo el día y los valores de VFC representan solo el momento de la medición, podemos interpretar que un mayor dominio de dolor, predominante en la percepción diaria de un paciente con FM, posibilita una mayor respuesta autonómica frente al ejercicio. Creemos que esta relación está dada por dos razones. La primera es que el ejercicio posibilita una mejor respuesta autonómica frente a sensaciones de dolor, es decir, la persona tiene una mayor respuesta frente a lo que percibe como dolor y por ende una mayor tolerancia. La segunda es que la práctica de actividades colectivas tiene beneficios adicionales a los producidos por el mismo ejercicio en solitario, debido a que el proceso de sociabilización ayuda en la recuperación, al aumentar la motivación y con ello la adherencia a la actividad física, como lo muestran otros estudios^{34,40}.

Cada una de estas evidencias describe los cambios que pueden afectar a las personas que padecen FM y su respuesta al dolor percibi-

do y la regulación autonómica cardiaca. Los resultados obtenidos nos permiten confiar en que la variabilidad de frecuencia cardiaca puede ser un parámetro objetivo de seguimiento del progreso de terapias paliativas en la fibromialgia y pudiendo ser incorporado como una evaluación representativa de la modulación autonómica cardiaca en esta enfermedad. Aunque sabemos que esta enfermedad debe seguir estudiándose, el hallazgo de nueva evidencia sobre los mecanismos nerviosos y fisiológicos asociados a ella, permiten tener más alternativas para su diagnóstico y con ello también nuevas estrategias para el tratamiento de la sintomatología de esta enfermedad, lo que supone una gran importancia en el alivio del dolor constante que padecen aquellas personas con este diagnóstico.

Entre las fortalezas del estudio se encuentran: a) la importancia de la caracterización de pacientes con fibromialgia; b) la evaluación de terapias que actualmente se llevan a cabo en medio acuático, como parte del tratamiento de la patología; c) el tipo de instrumentos de medición aplicado, que consideró encuestas validadas y mediciones objetivas que pueden ser utilizadas en otros contextos de terapias con pacientes con fibromialgia. Las principales limitaciones fueron: a) la continuidad y asistencia rigurosa a cada una de las sesiones; b) la cantidad de participantes que podría afectar los resultados. Pese a ello, este estudio reporta información novedosa sobre variables poco estudiadas y que pudiesen afectar el tratamiento de pacientes con fibromialgia.

Conclusiones

Este estudio indicaría que la práctica de ejercicio aeróbico a través de un programa de 24 sesiones en medio acuático, se asociaría con una disminución del dolor percibido y a una mayor regulación autonómica, en mujeres con diagnosticadas con fibromialgia.

Reconocimientos y Agradecimientos

Agradecemos a la Corporación de Rehabilitación Club de Leones Cruz del Sur de Punta Arenas y a su equipo profesional, por facilitarnos las instalaciones de su centro de tratamiento, así como también a cada una de las pacientes que participaron en este estudio. También agradecer la colaboración técnica de Francisco González y José Fernández durante este estudio.

Apoyo para la realización del estudio

Este proyecto fue apoyado por recursos del Fondo Nacional para la Promoción del Deporte de Chile, código 1700120150 (Instituto Nacional del Deporte de Chile, IND).

Conflictos de intereses

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Wolfe F, Smythe HA, Yunus MB, Bennett RM, Bombardier C, Goldenberg DL, *et al.* The american college of rheumatology 1990 criteria for the classification of fibromyalgia. *Arthritis Rheum.* 1990;1;33:160-72.

2. Lefno AL, Contreras GR. Multimorbilidad crónica en mujeres con diagnóstico de fibromialgia en Chile. *Arch Med*. 2019;19.
3. Ríos IDP. Actualización en fibromialgia: implicaciones neurofisiológicas y biomecánicas útiles para el abordaje fisioterapéutico. *Rev Colomb Rehabil*. 2014;13:14–25.
4. Clauw DJ. Fibromyalgia: A clinical review. Vol. 311. *JAMA*. 2014. p. 1547–55.
5. Casals C, Vázquez Sánchez M, Casals Sánchez J. Prescripción de actividad física en pacientes con fibromialgia. *Med Fam*. 2011;37:360–6.
6. Miranda JP, Quezada P, Caballero P, Jiménez L, Morales A, Bilbeny N, et al. Revisión sistemática: epidemiología de dolor crónico no oncológico en Chile. *Rev El Dolor*. 2013;59:10–7.
7. Lizama Lefno A, Rojas Contreras G. Multimorbilidad crónica en mujeres con diagnóstico de fibromialgia en Chile. *Arch Med*. 2019;19.
8. Gallego AA, Rodríguez AC, Minguet JLC. Análisis de un programa de intervención físico-rehabilitadora estandarizada (Ifre) en medio acuático en mujeres con fibromialgia. *Arch Med*. 2016;12:9.
9. Marín-Mejía F, Colina-Gallo E, Duque-Vera IL. Danza terapéutica y ejercicio físico. Efecto sobre la fibromialgia. *Hacia la Promoción la Salud*. 2019;24:17–27.
10. Galiano Orea D, Sañudo Corrales B. Aplicación del ejercicio físico como terapia en medicina del trabajo para pacientes con fibromialgia. *Med Segur Trab (Madri)*. 2013;59:310–21.
11. Corrales BS, Orea DG. Relación entre capacidad cardiorrespiratoria y fibromialgia en mujeres. *Reumatol Clínica*. 2008;4:8–12.
12. Molina FMC, García AB. Tratamiento integral de la fibromialgia: el ejercicio físico en mujeres adultas. *Rev Española Educ Física y Deport*. 2020;71–100.
13. del Castillo LAE. Actividad física y fibromialgia, estudio de caso. *Mov Científico*. 2018;12:55–62.
14. Martínez-Lavin M. Biology and therapy of fibromyalgia. Stress, the stress response system, and fibromyalgia. *Arthritis Res Ther*. 2007 ;9:216.
15. Martínez Lavin M. Análisis cibernéticos de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en pacientes con fibromialgia. *Arch Card Mex*. 2004;74:485–8.
16. Corrales BS, Orea DG, Páez LC, Saxton J, de Hoyo Lora M. Respuesta autónoma e influencia sobre la calidad de vida de mujeres con fibromialgia tras una intervención de ejercicio físico a largo plazo. *Rehabilitación*. 2010;44:244–9.
17. Lledó A, Fernández-Díez E, Pastor M, López-Roig S, Ibáñez Ballesteros J, Sorinas Nerín J. Funcionamiento del sistema nervioso autónomo y estado de salud en la fibromialgia. *Rev Psicopatología y Psicol Clínica*. 2016;21:119–28.
18. Villalpando MIB, Sotres JFC, Cabrera DM, León DG. Disminución del influjo parasimpático en fibromialgia: Su relación con la Psiquiatría en un centro especializado de referencia nacional. *Salud Ment*. 2015;38:123–8.
19. Van Houdenhove B, Egle UT. Fibromyalgia: A stress disorder? *Psychother Psychosom*. 2004;73:267–75.
20. Villalpando MIB, Sotres JFC, Cabrera DM, León DG. Disminución del influjo parasimpático en fibromialgia: Su relación con la Psiquiatría en un centro especializado de referencia nacional. *Salud Ment*. 2015;38:123–8.
21. Busch AJ, Webber SC, Richards RS, Bidonde J, Schachter CL, Schafer LA, et al. Resistance exercise training for fibromyalgia. In: Busch AJ, editor. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2013.
22. Gavi MBRO, Vassallo DV, Amaral FT, Macedo DCF, Gava PL, Dantas EM, et al. Strengthening exercises improve symptoms and quality of life but do not change autonomic modulation in fibromyalgia: a randomized clinical trial. *PLoS One*. 2014;9.
23. Sañudo B, Carrasco L, de Hoyo M, Figueroa A, Saxton JM. Vagal modulation and symptomatology following a 6-month aerobic exercise program for women with fibromyalgia. *Clin Exp Rheumatol* ;33:S41–5.
24. Ursini F, Natty S, Grembiale RD. Fibromyalgia and obesity: the hidden link. *Rheumatol Int*. 2011;31:1403–8.
25. Hassett AL, Radvanski DC, Vaschillo EG, Vaschillo B, Sigal LH, Karavidas MK, et al. A pilot study of the efficacy of heart rate variability (HRV) biofeedback in patients with fibromyalgia. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2007;32:1–10.
26. García Campayo J, Rodero B, Alda M, Sobradriel N, Montero J, Moreno S. Validación de la versión española de la escala de la catastrofización ante el dolor (Pain Catastrophizing Scale) en la fibromialgia. *Med Clin*. 2008;131:487–93.
27. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108:1153–67.
28. Bernston GG, Bigger JT, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M, et al. Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*. 1997;34: 623–48.
29. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Circ Physiol*. 2006;291:H451–8.
30. Tarvainen MP, Niskanen J-P, Lippinen JA, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV-heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed*. 2014; 113:210–20.
31. Borg GA V. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc*. 1982;
32. Burkhalter N. Evaluation of Borg's perceived exertion scale in cardiac rehabilitation. *Rev Lat Am Enfermagem*. 1996;4:65–73.
33. Moreno GM. Definición y clasificación de la obesidad. *Rev Médica Clínica Las Condes*. 2012;23:124–8.
34. Rodríguez SF, Otero LA. Abordaje del paciente con fibromialgia en Atención Primaria. *RqR Enf Com*. 2015;3:25–42.
35. del Mar López-Rodríguez M, Castro-Sánchez AM, Fernández-Martínez M, Matarán-Penarrocha GA, Rodríguez-Ferrer ME. Comparación entre biodanza en medio acuático y stretching en la mejora de la calidad de vida y dolor en los pacientes con fibromialgia. *Atención Primaria*. 2012;44:641–9.
36. Nunan D, Sandercock Grh, Brodie Da. A Quantitative Systematic Review of Normal Values for Short-Term Heart Rate Variability in Healthy Adults. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2010;33:1407–17.
37. Kingsley JD. Autonomic dysfunction in women with fibromyalgia. *Arthritis Res Ther*. 2012;14:9–10.
38. Zamunér AR, Andrade CP, Forti M, Marchi A, Milan J, Avila MA, et al. Effects of a hydrotherapy programme on symbolic and complexity dynamics of heart rate variability and aerobic capacity in fibromyalgia patients. *Clin Exp Rheumatol*. 2015;33:573–81.
39. Taggart HM, Arslanian CL, Bae S, Singh K. Effects of T'ai Chi Exercise on Fibromyalgia Symptoms and Health-Related Quality of Life. *Orthop Nurs*. 2003;22:353–60.
40. Porro Novo J, Pereira AE, García AR, Suárez Martín R, Méndez BG. Guía para la rehabilitación de la fibromialgia. *Rev Cuba Reumatol*. 2015;17:147–56.

Comparison of performance-related responses to an endurance running training between untrained men and women

Danilo Fernandes da Silva¹, Cecília Segabinazi Peserico², Fabiana Andrade Machado³

¹School of Human Kinetics, Faculty of Health Sciences, University of Ottawa, Ottawa, ON, K1N 6N5, Canadá. ²Department of Physical Education, State University of Maringá, Brazil.

³Department of Physical Education, State University of Maringá, Brazil; Associate Post-graduate Program in Physical Education UEM/UEL, Department of Physical Education, State University of Maringá-PR, Brazil; Post-graduate Program of Physiological Sciences, Department of Physiological Sciences, State University of Maringá-PR, Brazil.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00021

Recibido: 15/04/2020

Aceptado: 01/12/2020

Summary

Introduction: The adherence on endurance running events is increasing exponentially around the World in both previously untrained men and women, thus the incorporation of more appropriate and individualized training approaches are required. It is not known if male and female untrained runners differ in the responses to endurance running training on performance-related variables.

Objective: We aimed to compare performance-related responses to an endurance running training program between untrained men and women.

Material and method: Sixteen participants (8 men and 8 women) were paired in the baseline by age, body mass index, and percentage in which time to complete 5 km (t_{5km}) represented from the average of best 50 runners t_{5km} in the greatest regional race for each gender. They completed an 11-week training protocol alternating high-intensity interval training and moderate-intensity continuous running, three times per week, in a running track. In the week 1 and 11 of the protocol (baseline and post-training weeks), peak running velocity at treadmill (V_{peak}), time limit (t_{lim}) at 100% V_{peak} , t_{5km} , and the index rMSSD of heart rate variability (HRV) were measured for cardiac autonomic function. Baseline gender-differences were accounted in the analysis.

Results: Male and female significantly improved V_{peak} ($9.4 \pm 1.7\%$ and $7.2 \pm 1.7\%$, respectively) and t_{5km} ($-13.0 \pm 1.8\%$ for both), and no gender-related differences for the adaptations in these two variables were observed. The t_{lim} at 100% V_{peak} and rMSSD did not change across the training period in both groups. Percentage of change for men was "moderately" higher than for women for rMSSD ($33.4 \pm 40.7\%$ vs. $13.9 \pm 21.4\%$), although statistically non-significant.

Conclusion: Men and women responses to training were similar with regards to their running performance and cardiac autonomic function. With regards to practical application, V_{peak} and its t_{lim} can be applied in exercise settings for the prescription of moderate- to high-intensity running training with similar benefits regardless of the biological gender.

Key words:

Athletic performance. Exercise. Running. Gender.

Comparación de respuestas relacionadas con el rendimiento a un entrenamiento de carrera de resistencia entre hombres y mujeres no entrenados

Resumen

Introducción: La adherencia a los eventos de carreras de resistencia está aumentando exponencialmente en el mundo entre hombres y mujeres no entrenados, y por eso es necesaria la incorporación de un entrenamiento individualizado y apropiado. No se sabe si los hombres y mujeres desentrenados en carrera difieren en las respuestas al entrenamiento de carrera de resistencia en relación a las variables relacionadas con el rendimiento.

Objetivo: Nuestro objetivo fue comparar las respuestas del rendimiento durante un programa de entrenamiento de carrera de resistencia entre hombres y mujeres no entrenados.

Material y método: Dieciséis participantes (8 hombres y 8 mujeres) fueron emparejados en la línea de base por edad, índice de masa corporal y porcentaje del tiempo para completar los 5 km (t_{5km}) representados por el promedio de los t_{5km} de los 50 mejores corredores obtenidos en las mejores carreras regionales (para cada género). Los participantes completaron un protocolo de entrenamiento de 11 semanas alternando entrenamiento de intervalos de alta intensidad con entrenamiento continuo de intensidad moderada, tres veces por semana, en una pista de atletismo. En las semanas 1 y 11 del protocolo (línea de base y semana posterior al entrenamiento), se midieron la velocidad máxima de carrera en la cinta (V_{peak}), el tiempo límite (t_{lim}) en V_{peak} , t_{5km} y el índice rMSSD de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) para la función cardíaca autónoma. En los análisis se consideraron las diferencias entre géneros en la línea de base.

Resultados: Hombres y mujeres mejoraron significativamente la V_{peak} ($9,4 \pm 1,7\%$ y $7,2 \pm 1,7\%$, respectivamente) y el t_{5km} ($-13,0 \pm 1,8\%$ para ambos), y se observaron diferencias relacionadas con el género para las adaptaciones en estas dos variables. El t_{lim} en V_{peak} y el rMSSD no han cambiado durante el período de entrenamiento en ambos grupos. El porcentaje de cambio en los hombres fue moderadamente superior al de las mujeres para la rMSSD ($33,4 \pm 40,7\%$ vs. $13,9 \pm 21,4\%$), aunque no fue significativamente diferente.

Conclusión: Las respuestas de hombres y mujeres al entrenamiento fueron similares considerando el rendimiento de carrera y la función cardíaca autónoma. En relación con la aplicación práctica, V_{peak} y su respectivo t_{lim} se pueden aplicar en programaciones de ejercicio para prescribir intensidades de entrenamiento de carrera con intensidades moderadas a altas y con beneficios similares, independientemente del género.

Palabras clave:

Desempeño atlético. Ejercicio. Carrera. Géneros.

Correspondencia: Cecília Segabinazi Peserico

E-mail: ceciliapeserico@gmail.com

Introduction

Running is one of the most common types of endurance exercise and the popularity of this activity has increased exponentially in the last few decades^{1,2}, which can be seen by the number of finishers in the 20 largest road races in the world that doubled in an 11-year period (from \approx 866.000 to 1.600.000 finishers)³. Both men and women have increased their adherence to endurance running events in recreational level with participation numbers never seen before^{4,5}. The higher rates of adherence are followed by significant improvements in performance, as the average finishing time of the top 100 and 1000 men and women in traditional 10-km road running races has previously shown to significantly decrease annually⁴.

The improvements in running performance are likely related to greater engagement in endurance training routines as well as the incorporation of more appropriate and individualized training approaches that increase the magnitude of benefits (e.g., high-intensity interval trainings and their potential variation and strength muscular training)⁶⁻¹⁰. This training approach is capable of increasing markers of aerobic fitness (e.g., $\dot{V}O_{2max}$)¹¹, which are expected to reduce risk of all-cause mortality and cardiovascular mortality¹². Different running training programs have been developed¹³⁻¹⁶ and they usually combine moderate-intensity continuous training (MICT) and high-intensity interval training (HIIT)¹⁷. More interestingly, these training regimens have been proven effective not only for the highly athletic population, but also in untrained and moderately-trained ones^{6,13,17}.

HIIT seems to contribute to improve aerobic energy metabolism and promote neuromuscular, cardiovascular and respiratory changes⁸ that will benefit physiological markers, such as cardiac autonomic function and aerobic power¹⁸, as well as endurance performance¹⁷. However, women may present physiological disadvantages when compared to men, such as lower systolic volume and cardiac mass, lower lungs, and are more prone to arterial desaturation when performing high-intensity exercise^{19,20}. Additionally, women present smaller muscle cross-sectional area²¹ and lower glycolysis rates in type I muscle fibers²², which result in lower blood lactate concentrations during sprint exercise²³. On the other hand, women showed higher aerobic participation in sprint exercise than men⁸.

Together, these evidences suggest that men and women may metabolically and muscularly differ in their responses to sprint/HIIT^{8,22}, and these differences could play a role on physiological markers of aerobic fitness (e.g., $\dot{V}O_{2max}$). However, a few studies with untrained sedentary populations showed that men and women improved $\dot{V}O_{2max}$ similarly after aerobic training with HIIT incorporated^{11,24}. Despite these interesting findings, to the best of our knowledge, differences between male and female in the responses to endurance running training on performance-related variables (e.g., time trials, the maximal velocity at incremental running test) are poorly understood⁸. Investigations on this topic are further required in a protocol combining HIIT with MICT, given these two strategies are very likely the most popular ones adopted in endurance exercise settings²⁵ and have been shown to be capable of improving 5-km running performance²⁶. A comparison between men and women after this type of aerobic training could improve the individualization of training regimens²⁴.

Thus, this study aimed to compare performance-related responses ($[V_{peak}]$, $[t_{lim}]$, $[t_{5km}]$ and [HRV]) to an endurance running training program between untrained men and women. The training sessions consisted of MICT and HIIT. We hypothesized that there are no differences in endurance running training changes on performance-related markers between males and females, considering that changes in $\dot{V}O_{2max}$ did not differ after aerobic training between genders^{1,24}.

Material and method

Participants

The study was based on a quasi-experimental pre-post test design. Firstly, the recruitment of participants was carried out by disseminating the study through electronic means and direct contact. Thus, sixteen untrained participants (8 male and 8 female) aged between 20 and 35 years participate in this study. The inclusion criteria were to be an untrained who had never engaged in systematic running training program with a coach and individualized running training prescription and be aged between 20 to 35 years old. With regards to the exclusion criteria, the individuals were excluded if they reported to use regular pharmacological agents or nutritional supplements; smoker, diabetic, hypertensive, asthmatic and/or present any cardiovascular disease; body mass index (BMI) \geq 30 kg·m⁻²; and were engaged in other systematic exercise training. Prior to testing, all participants signed the informed consent form to participate in the study. All procedures and test protocols were explained individually for each participant, and were in accordance with the Declaration of Helsinki. The protocol was approved by the Local Human Research Ethics Committee (#623.581/2014; #409.162/2013) and appropriate standards for human experimentation have been followed.

Men and women were matched in the baseline for the following characteristics: age, BMI, and percentage in which time to complete 5 km (t_{5km}) represented from the average of best 50 runners t_{5km} in the greatest regional race for each gender.

Experimental design

This was an 11-week protocol with eight weeks of endurance running training (from week 2-5 and week 7-10) and three weeks of exercise testing (week 1 for baseline tests, week 6 to update exercise prescription and week 11 for post-training tests). The training program consisted of sessions with MICT and HIIT. Prior to assessments, it was performed a resting and maximal exercise electrocardiogram and echocardiogram by a cardiologist to follow local recommendations prior to engaging in high-intensity exercise training. Both men and women performed a continuous incremental test under laboratory conditions (temperature = 20–22 °C and relative humidity = 50–60%) on a motorized treadmill (Inbramed Super ATL®, Porto Alegre, Brazil) to determine V_{peak} . The second test consisted on a time limit (t_{lim}) at 100% V_{peak} and the third trial was a 5-km running performance performed in outdoor running track. These evaluations were performed in a maximum period of seven days and separated from each other by 48 h to ensure the recovery of the participants²⁷. Furthermore, cardiac autonomic function by HRV was evaluated

pre- and post-training for all participants. Participants were instructed to attend the testing sessions well rested, nourished, hydrated and wearing comfortable clothing. Furthermore, they were also instructed to avoid eating 2 h before the tests, to abstain from caffeine and alcohol, and to refrain from strenuous exercise for 24 h before testing.

After baseline evaluations men and women performed the exact same standardized training protocol. Assessments and training protocol are described below.

Assessments

Cardiac autonomic function evaluated by heart rate variability (HRV)

The rate-to-rate (R-R) intervals were monitored for 5 minutes, starting in seated position (2-min) and then in standing position (3-min); only the 3 minutes in the standing position were considered in the analysis²⁸. We chose this position to avoid possible saturation of HRV, expressed as unchanged or even decreased HRV despite increased cardiac vagal outflow, which is susceptible at low heart rate (HR) levels²⁹. Moreover, this position seems to be more suitable to long-term changes on HRV (*i.e.*, 24 and 48 h), favoring HRV application in exercise training settings²⁷. Participants were instructed to remain quiet, with eyes open, and to breathe spontaneously over the data acquisition period^{30,31}. We used a HR monitor (Polar®, RS800cx, Kempele, Finland) previously validated for this purpose³². Ectopic, missed or aberrant values were identified and excluded³³. R-R intervals data was downloaded the software (Polar Pro Trainer®) and expressed in milliseconds to be analyzed by Kubios® HRV analysis software (Department of Applied Physics, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland). The R-R intervals were analyzed using the time-domain index square root of the mean of the squares of successive R-R intervals differences (rMSSD)^{13,29,34}.

Peak running velocity (V_{peak}) at treadmill

The V_{peak} was measured at week 1 and week 11 of the protocol to assess training effects and at week 6 to update prescribed training intensities. After warming-up walking for 3 min at 6 km·h⁻¹, the protocol initiated with a treadmill velocity of 8 km·h⁻¹, followed by an increase of 1 km·h⁻¹ at each successive 3-min stage until volitional exhaustion (*i.e.*, participant was unable to continue running)^{35,36} and when the two the following criteria were met: (1) maximum HR (HR_{max}) \geq 100% of endurance-trained age-predicted HR_{max} using the age-based "206 - 0.7 × age" equation³⁷ and (2) maximum RPE (RPE_{max}) \geq 18 in the 6–20 Borg scale³⁸. The incline gradient was set at 1%³⁹. Consistently across each trial, participants were verbally encouraged, to invest maximum effort.

Before testing, participants were familiarized with the 6–20 Borg scale³⁸, which was used to determine the rating of perceived exertion (RPE) during the last 15 seconds of each stage and at perceived exhaustion. The highest RPE value was considered the maximal RPE (RPE_{max}). HR was also measured at the last 15 seconds of each stage of the tests (Polar® RS800sd, Kempele, Finland) and HR_{max} was defined as the highest HR value recorded during the test.

The V_{peak} was defined as the velocity of the last complete stage added to the multiplication of the velocity increment by the completed fraction of the incomplete stage, calculated according to the equation⁴⁰:

$V_{peak} = V_{complete} + (Inc \times t/T)$, in which ' $V_{complete}$ ' is the running velocity of the last complete stage, Inc the velocity increment (*i.e.*, 1 km·h⁻¹), ' t ' the number of seconds sustained during the incomplete stage, and ' T ' the number of seconds required to complete a stage (*i.e.*, 180 s).

Time limit (t_{lim}) at V_{peak}

After a 15-min warm-up at 60% V_{peak} , the running velocity in the treadmill was increased (over 6 seconds) to the individual's V_{peak} ⁴¹. The incline gradient was set at 1%³⁹ and participants were also encouraged to provide their maximal effort. The result obtained in the t_{lim} test was the test duration (min) without considering the warm-up. This variable was measured at week 1, 6 and 11 of the protocol to assess training effects and for the prescription of the duration of the series and intervals during HIIT sessions.

5-km running performance

It was completed as a field test to verify the time to complete a 5-km running performance (t_{5km}). This took place on a 400-m running track after 10 minutes of warm-up. The warm-up included 5-min jogging at a self-selected intensity and 5-min stretching.

Diary of symptoms related to pre-menstrual syndrome (PMS)

Women were instructed to provide information daily regarding emotional and physical symptoms related to PMS that were based on the criteria established by the American College of Obstetricians and Gynecologists⁴². Given that the diagnosis of PMS requires a long follow-up period to ensure the symptoms are consistently present (*e.g.*, at least three cycles in a row)⁴², we classified women as presenting or not presenting symptoms related to PMS. In brief, when the subject presented a combination of at least one emotional symptom and one physical symptom in the five days prior to menstruation, that were not observed in the follicular period (from the sixth to the tenth day of the menstrual cycle), PMS was noted⁴².

Endurance running training

Training sessions were performed on a 400-m running track during the afternoon and evening due to the availability of the participants on Mondays, Wednesdays, and Fridays. If for any reason they missed a training session, they were re-scheduled for another weekday (usually Tuesday or Thursday) in order to perform at least 90% of the training sessions (*i.e.*, at least 22 of the 24 training sessions prescribed). Participants were asked to do their training and subsequently testing at a similar time each day to avoid circadian cycle influence.

Training sessions consisted of MICT and HIIT. MICT and HIIT were both performed in the first (weeks 2 to 5) and last (weeks 7 to 10) training weeks. The MICT and HIIT were prescribed based on of V_{peak} and t_{lim} at 100% V_{peak} determined during pre-training (week 1) and the exercise intensity was readjusted at week 6 (Table 1)^{11,24}. Training sessions were preceded by a 15 min warm-up, with 5 min of low self-selected intensity running, 5 min of stretching exercises, and 5 min of running at 60% V_{peak} . After each session, participants had 10-15 minutes of cool-down. In total, both groups of participants performed 24 training

Table 1. MICT and HIIT used during training sessions for both groups.

MICT HIIT	1st four weeks of training 30 ± 2.5 minutes at 75 ± 4% of V _{peak} X ⁿ series at 100 ± 2% of V _{peak} with duration of 60% of t _{lim} and the same interval (1:1)
MICT HIIT	2nd four weeks of training 40 ± 2.5 minutes at 75 ± 4% of V _{peak} X ⁿ series a 100 ± 2% of V _{peak} with duration of 60% of t _{lim} and the same interval (1:1)

^a The number of series of each participant was adjusted for a duration of 30 ± 2.5 minutes (in the 1st four weeks of training) and 40 ± 2.5 minutes (in the 2nd four weeks of training).

HIIT: High intensity interval training; MICT: moderate-intensity continuous training.

sessions on non-consecutive days over a period of eight weeks (weeks 2-5 and weeks 7-10). They completed eight weeks of training with MICT and HIIT training every other day. All training sessions were monitored by session-RPE and training load was quantified by multiplying the whole RPE using the 10-point scale (CR-10) by its duration (min)⁴³.

Statistical analysis

The Statistical Package for the Social Sciences 17.0 software (SPSS Inc., United States) was used in the analysis. Data were presented as means ± standard deviations (SD). Normality was tested with the Shapiro–Wilk test. Group comparisons at baseline were performed *t* tests for independent samples according to normality test results. The training adaptations (i.e., Week 1 vs. Week 11) were assessed using paired *t*-test for each gender. Gender differences in the variation between week 1 vs. week 11 were tested with univariate ANOVA and ANCOVA (controlling by the baseline values when baseline between-group significant differences were observed). Statistical significance was set at *P* < 0.05. In addition, effect size (ES)⁴⁴ and confidence intervals (CI) were used to determine the magnitudes of differences between groups (Hedges'g) for training adaptations. The threshold values for ES were: < 0.2 (trivial), 0.2 to < 0.6 (small), 0.6 to < 1.2 (moderate), ≥ 1.2 (large)⁴⁵.

Table 2. Peak running velocity (V_{peak}), time limit at peak running velocity (t_{lim} at 100% V_{peak}), time to complete the 5 km (t_{5km}), and square root of the mean of the squares of successive R-R intervals (rMSSD) differences pre and post endurance running training program in male and female.

Variable	Male (n = 8)			Female (n = 8)			Difference (95% CI) (Male vs Female)	ES (95% CI - classification) (Male vs Female)
	Week 1	Week 11	Variation (% , 1 × 11)	Week 1	Week 11	Variation (% , 1 × 11)		
V _{peak} (km·h ⁻¹)	13.2 ± 0.9	14.3 ± 0.9*	9.4 ± 1.7#	10.6 ± 1.5	11.5 ± 1.5*	7.2 ± 1.7#	2.2 (-4.0; 8.3)	-0.03 (-0.89; 0.85 - trivial)
t _{lim} at 100% V _{peak} (min)	6.3 ± 0.7	6.7 ± 0.5	6.7 ± 17.6	5.2 ± 1.3	5.6 ± 1.6	10.7 ± 27.7	-4.1 (-28.9; 20.8)	-0.18 (-1.04; 0.77 - trivial)
t _{5km} (min)	28.1 ± 2.9	24.5 ± 2.4*	-13.0 ± 1.8#	36.9 ± 5.7	31.9 ± 5.4*	-13.3 ± 1.8#	0.3 (-6.2; 6.9)	-0.10 (-0.99; 1.35 - trivial)
rMSSD (ms)	21.9 ± 6.2	28.7 ± 11.0	33.4 ± 40.7	24.5 ± 10.3	27.0 ± 8.9	13.9 ± 21.4	19.6 (-15.9; 55.1)	0.63 (-0.85; 2.51 - moderate)

ES: effect size; rMSSD: square root of the mean of the squares of successive R-R intervals differences; t_{lim} at V_{peak}: time limit at peak running velocity in the treadmill; t_{5km}: time to complete 5 km;

V_{peak}: peak running velocity.

**P* < 0.05 Week 1 vs. Week 11.

#Variation (means and standard error) was corrected by the baseline values (covariate) for these variables.

Results

Baseline comparison between men and women

With regards to the matching parameters for men vs. women, no differences were found to age (male: 26.6 ± 5.0 years; female: 26.3 ± 3.2 years; *P* = 0.853), BMI (male: 25.8 ± 3.0 kg·m⁻²; female: 22.8 ± 4.8 kg·m⁻²; *P* = 0.157) or percentage in which t_{5km} represented from the average of best 50 runners t_{5km} in the greatest regional race for each gender (male: 148.9 ± 27.7 %; female: 160.7 ± 24.9 %; *P* = 0.385).

Training loads measured by session-RPE were not different between groups for both MICT (male: 299 ± 113.4 AU; female: 280.8 ± 68.5 AU; *P* = 0.703) and HIIT (male: 345.6 ± 101.0 AU; female: 331.0 ± 73.0 AU; *P* = 0.747). The cardiac autonomic function (male rMSSD: 21.9 ± 6.2 ms; female rMSSD: 24.5 ± 10.3 ms; *P* = 0.563) and t_{lim} at V_{peak} (male: 6.3 ± 0.7 min; female: 5.2 ± 1.3 min; *P* = 0.054) were also not different between genders. However, the t_{5km} (male: 28.1 ± 3.0 min; female: 36.9 ± 5.7 min; *P* = 0.002) presented higher values in women while V_{peak} (male: 13.2 ± 0.9 km·h⁻¹; female: 36.9 ± 5.7 km·h⁻¹; *P* = 0.001) was higher for men.

Responses to endurance running training

Male and female significantly improved V_{peak} (male: 9.4 ± 1.7 %; female: 7.2 ± 1.7 %) and t_{5km} (men: -13.0 ± 1.8 %; female: -13.3 ± 1.8 %). No gender-related differences for the adaptations in these two variables were observed.

The t_{lim} at 100% V_{peak} and rMSSD did not change across the training period in either men and women. Percentage of change for men was “moderately” higher than for women for rMSSD, although not significantly different (confidence intervals crossing “0” for both ANOVA and ES). Mean and standard deviation as well as inferential analyses are presented in Table 2.

Symptoms related to pre-menstrual syndrome (PMS)

The results concerning the frequency of women who presented symptoms related to PMS, from the eight women assessed, three presented emotional and physical symptoms during pre-menstrual phase

in two different cycles. When the presence or not of PMS was applied in our analysis to control changes after the running training program, no influence in the results was observed ($P > 0.05$; unpublished data).

Discussion

The present study aimed to compare performance-related responses to an endurance running training program (*i.e.*, with MICT and HIIT sessions) between untrained men and women. The main finding was that the responses to endurance running training showed to be similar between men and women. Percentage of change for men was “moderately” higher than for women for rMSSD, although statistically non-significant (confidence intervals crossing “0” for both ANOVA and ES). The non-difference between genders confirms our hypothesis.

These results are similar to the ones observed by de Prada *et al.*²⁴ who showed that women and men improved similarly after a 16-week, 3 days/week, high-intensity interval training program in markers of aerobic fitness (*e.g.*, oxygen uptake efficiency slope, $\dot{V}O_2$ at ventilatory threshold, $VE/\dot{V}O_2$ slope and $\dot{V}O_{2max}$). Metcalfe *et al.*¹¹ investigated the differences between sedentary men and women with regards to $\dot{V}O_{2max}$ changes after a 6-week reduced-exertion HIIT and found that both genders increased in similar magnitude this physiological variable.

While de Prada *et al.*²⁴ and Metcalfe *et al.*¹¹ focused on physiological markers of aerobic fitness, our outcomes are indices of running performance, such as V_{peak} , t_{lim} at 100% V_{peak} and t_{5km} . The V_{peak} is correlated with $\dot{V}O_{2max}$ ⁴⁶ and in fact was previously associated with the occurrence of $\dot{V}O_{2max}$ ⁴⁷. In untrained and moderately-trained individuals, $\dot{V}O_{2max}$ is also a predictor of performance in endurance races (*e.g.*, from 3 km to ultramarathons)^{46,47}. Nevertheless, V_{peak} would be a preferable predictor of performance in endurance events^{35,36,46}, as it accounts for the interaction between $\dot{V}O_{2max}$ and running economy¹⁷.

The non-difference between genders could be because the HIIT planned was not intense enough to allow differences between women and men to be observed. Women have higher chances of presenting arterial desaturation when performing higher-intensity exercise¹⁹, and sprint exercises (*i.e.*, higher than 100% V_{peak}) can exacerbate differences between men and women in acute physiological responses, such as lower glycolysis rates in type I muscle fibers²² and lower blood lactate concentrations²³. However, Astorino *et al.*⁴⁸ did not find differences between genders in the responses to 2-3 weeks of sprint exercise training (*i.e.*, 4 bouts of Wingate test separated by 5-min of active recovery) on $\dot{V}O_{2max}$, fatigueability, substrate oxidation, and voluntary force production of the knee flexors and extensors, so this factor should not be influencing our findings.

Another aspect that could lead to different responses between men and women is the baseline performance differences between genders. Men had better results in the t_{5km} and V_{peak} than women in this timepoint, which is expected if they are matched by their training levels (*i.e.*, similar performance when compared to highly-trained runners of their gender)²⁴. This is due to their physiological advantage compared to women. For instance, men present higher systolic volume and cardiac mass, greater lungs, and higher absolute and relative $\dot{V}O_{2max}$ ^{11,19,20}. As men have a higher capacity to generate muscle power during physical efforts,

they could have greater aerobic fitness benefits²⁴. However, this was not observed in the present study and the assessed variables presented no differential progression with the training program. Similar results were found in other populations, such as young and physically active⁴⁸, sedentary middle-aged⁹, and older healthy but sedentary populations⁴⁹.

Our study did not find any significant gender-related differences in the rMSSD changes over the course of a running training program (confidence interval crossed “0” in the ANOVA and ES). However, the ES value (0.63) suggested a moderately greater improvement in men compared to women. The rMSSD is an HRV index related to cardiac autonomic function and changes in this variable represent adaptations in the parasympathetic activity²⁹. Kiviniemi *et al.*²⁸ did not find any significant changes after 8 weeks of an aerobic training program in moderately active men and women for another parasympathetic index of HRV (SD1). However, the authors did not compare changes promoted by the training between men and women for SD1.

There are factors that could suggest some advantage for men compared to women in the changes in rMSSD, which may explain the greater ES we found in our study favorable to men (although not significant). For instance, the lower fitness level of women compared to men despite of the similar training status could have led women to a more exacerbated increase in sympathetic activity, particularly after high-intensity exercise²⁸. This may attenuate women's long-term rMSSD response to aerobic exercise. Factors such as circulating hormone levels and higher odds of excessive heat stress after an acute session of exercise in women could have affected rMSSD responses to running training^{50,51}. We did not perform the baseline and post-training assessment controlling by the phase of the menstrual cycle that women were; however, we monitored the presence or not of physical and emotional symptoms of pre-menstrual syndrome. With regards to the effect of menstrual cycle on aerobic variables, studies have reported no changes over the menstrual cycle on V_{peak} , $\dot{V}O_{2max}$ and other maximal and submaximal cardiorespiratory parameters⁵²⁻⁵⁵; however, other studies have found differences between luteal and follicular phases for these variables^{56,57}.

We have important strengths in the study, such as matching male and female participants by relative fitness level in the baseline, as well as age and BMI. We also accounted for the baseline differences between men and women and the impact on training adaptations^{8,24}. Nonetheless, we also have limitations, such as the small sample size for each group, as this study represents secondary data analysis from larger projects. Even though, we calculated a *post hoc* achieved power using G*Power 3.1 (Düsseldorf, Germany), and we found that both men and women groups were powered ($1-\beta > 0.80$) to detect training adaptations in t_{5km} (*i.e.*, main outcome). In an attempt of better controlling for type II error in other outcomes, we provided magnitude of change analysis through between-group ES.

We did not control the specific phase of menstrual cycle that women were assessed for the baseline and post-training time points, but literature suggests that V_{peak} , $\dot{V}O_{2max}$ and performance in shorter endurance-related distances are not affected by the phase of menstrual cycle⁵²⁻⁵⁵. To minimize individual perceptual changes in physical and emotional symptoms during the pre-menstrual phase, we assessed these perceptions in two menstrual cycles in a row and noted no influence in our findings of those with symptoms of pre-menstrual syndrome.

Therefore, men and women responses to training were similar with regards to their running performance and cardiac autonomic function, with only a moderate ES for percentage changes in rMSSD for men compared to women. Regardless of the response to training, men presented higher endurance running performance than women did. V_{peak} and its t_{lim} can be applied in exercise settings for the prescription of moderate- to high-intensity running training with similar benefits independently of the gender.

Acknowledgments

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Brazil) – Finance Code 001. In addition, the authors wish to thank Dr. Geraldo Nogueira from SportMed for assistance with cardiologic tests.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1334–59.
- van Dyck D, Cardon G, de Boudeaudhuij I, de Ridder L, Willem A. Who participates in running events? Socio-Demographic characteristics, psychosocial factors and barriers as correlates of non-participation- A pilot study in Belgium. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;28:E1315.
- Scheerder J, Breedveld K, Borgers J. Who Is Doing a Run with the Running Boom? In: *Running across Europe.* London. Palgrave Macmillan, 2015.
- Cushman DM, Markert M, Rho M. Performance trends in large 10-km road running races in the United States. *J Strength Cond Res.* 2014;28:892-901.
- Borgers J, Vos S, Scheerder J. Belgium Trends and Governance in Running. In: *Running across Europe.* London. Palgrave Macmillan, 2015.
- Laursen P, Buchheit M. Science and application of high-intensity interval training: solutions to the programming puzzle. Champaign. *Human Kinetics,* 2018.
- Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med.* 2013;43:313-38.
- Gibala MJ, Gillen JB, Percival ME. Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports Med.* 2014;44: S127-S137.
- Alcaraz-Ibañez M, Rodríguez-Pérez M. Effects of resistance training on performance in previously trained endurance runners: A systematic review. *J Sports Sci.* 2018;36:613-29.
- Boullosa D, Esteve-Lanao J, Casado A, Peyré-Tartaruga LA, Gomes da Rosa R, Del Coso J. Factors affecting training and physical performance in recreational endurance runners. *Sports.* 2020;8:35.
- Metcalfe RS, Tardif N, Thompson D, Vollaard NB. Changes in aerobic capacity and glycaemic control in response to reduced-exertion high-intensity interval training (REHIT) are not different between sedentary men and women. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016;41:1117-23.
- Lee DC, Sui X, Ortega FB, Kim YS, Church TS, Winett RA, Ekelund U, Katzmarzyk PT, Blair SN. Comparisons of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness as predictors of all-cause mortality in men and women. *Br J Sports Med.* 2011;45:504-10.
- da Silva DF, Ferraro ZM, Adamo KB, Machado FA. Endurance running training individually guided by HRV in untrained women. *J Strength Cond Res.* 2019;33:736-46.
- Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, Ahmaidi S. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108:1153-67.
- Esfarjani F, Laursen PB. Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO_{2max} and the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport.* 2007;10: 27-35.
- Smith TP, Coombes JS, Geraghty DP. Optimizing high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂ uptake and the time for which this can be maintained. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89:337–43.
- Manoel FA, da Silva DF, Lima JRP, Machado FA. Peak velocity and its time limit are as good as the velocity associated with VO_{2max} for training prescription in runners. *Sports Med Int Open.* 2017;1:E8–E15.
- Kiviniemi AM, Tulppo MP, Eskelinen JJ, Savolainen AM, Kapanen J, Heinonen IH, Hautala AJ, Hannukainen JC, Kalliokoski K. Autonomic Function Predicts Fitness Response to Short-Term High-Intensity Interval Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46:1960-7.
- Joyner MJ. Physiological limits to endurance exercise performance: influence of sex. *J Physiol.* 2017;1:2949-54.
- Harms CA, McClaran SR, Nickle GA, Pegelow DF, Nelson WB, Dempsey JA. Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy young women. *J Appl Physiol* (1985). 1998; 1:619-28.
- Kanehisa H, Ikegawa S, Fukunaga T. Comparison of muscle cross-sectional area and strength between untrained women and men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994; 68:148-54.
- Esbjornsson-Liljedahl M, Sundberg CJ, Norman B, Jansson E. Metabolic response in type I and type II muscle fibers during a 30-s cycle sprint in men and women. *J Appl Physiol.* 1999;87:1326-32.
- Esbjornsson-Liljedahl M, Bodin K, Jansson E. Smaller muscle ATP reduction in women than in men by repeated bouts of sprint exercise. *J Appl Physiol.* 2002;93:1075-83.
- de Prada VG, Ortega JF, Palomo FM, Ramirez-Jimenez M, Moreno-Cabañas A, Mora-Rodriguez R. Women with metabolic syndrome show similar health benefits from high-intensity interval training than men. *Plos One.* 2019;14:1-17.
- Keating SE, Johnson NA, Mielke GI, Coombes JS. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obes Rev.* 2017;18:943-64.
- Peserico CS, Zagatto AM, Machado FA. Effects of endurance running training associated with photobiomodulation on 5-km performance and muscle soreness: A randomized placebo-controlled trial. *Front Physiol.* 2019;10:1-9.
- Mourrot L, Bouhaddi M, Tordi N, Rouillon JD, Regnard J. Short and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92:508–17.
- Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kinnunen H, Nissila J, Virtanen P, Karjalainen J, Tulppo MP. Daily exercise prescription on the basis of HR variability among men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42: 1355–63.
- Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol.* 2014;5:1-19.
- Pereira LA, Flatt AA, Ramirez-Campillo R, Loturco I, Nakamura FY. Assessing shortened field-based heart-rate-variability-data acquisition in team-sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11:154-8.
- Bloomfield DM, Magnano A, Bigger JT, Jr., Rivadeneira H, Parides M, Steinman RC. Comparison of spontaneous vs. metronome-guided breathing on assessment of vagal modulation using RR variability. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2001;280:H1145-50.
- Williams DP, Jarczok MN, Ellis RJ, Hillecke TK, Thayer JF, Koenig J. Two-week test-retest reliability of the Polar® RS800CXTM to record heart rate variability. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2017;37:776-81.
- Cipryan L, Laursen PB, Plews DJ. Cardiac autonomic response following high-intensity running work-to-rest interval manipulation. *Eur J Sport Sci.* 2016;16:808-17.
- Vesterinen V, Nummela A, Heikura I, Laine T, Hynynen E, Botella J, Hakkinen K. Individual endurance training prescription with heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48:1347–54.
- Machado FA, Kravchychyn ACP, Peserico CS, da Silva DF, Mezzaroba PV. Incremental test design, peak 'aerobic' running speed and endurance performance in runners. *J Sci Med Sport.* 2013;16:577-82.
- Peserico CS, Zagatto A, Machado FA. Evaluation of the best-designed graded exercise test to assess peak treadmill speed. *Int J Sports Med.* 2015;36:729-34.
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37:153–6.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14:377–81.
- Jones AM, Doust JH. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci.* 1996;14:321-7.
- Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med.* 2003;24:486–91.
- Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem.* 1996;104:313-21.

42. American College of Obstetricians and Gynecologist (ACOG). Premenstrual syndrome. *ACOG Practice Bulletin*; 2000. 3 p.
43. Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:1164–8.
44. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Hillsdale. Lawrence Erlbaum, 1988.
45. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:3-12.
46. da Silva DF, Simões HG, Machado FA. $v\dot{V}O_{2max}$ versus V_{peak} : what is the best predictor of running performances in middle-aged recreationally-trained runners? *Sci Sports.* 2015;30:e85-9.
47. McLaughlin JE, Howley ET, Bassett Jr DR, Thompson DL, Fitzhugh EC. Test of classic model for predicting endurance running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:991-7.
48. Astorino TA, Allen RP, Roberson DW, Jurancich M, Lewis R, McCarthy K, Trost E. Adaptations to high-intensity training are independent of gender. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:1279-86.
49. Lepretre PM, Vogel T, Brechat PH, Dufour S, Richard R, Kaltenbach G, Berthel M, Lonsdorfer J. Impact of short-term aerobic interval training on maximal exercise in sedentary aged subjects. *Int J Clin Pract.* 2009;63:1472-78.
50. Charkoudian N, Joyner MJ. Physiologic considerations for exercise performance in women. *Clin Chest Med.* 2004;25:247–55.
51. Kenny GP, Jay O. Evidence of a greater onset threshold for sweating in females following intense exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2007;101:487–93.
52. Burrows M, Bird SR. Velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and peak treadmill velocity are not influenced within or across the phases of the menstrual cycle. *Eur J Appl Physiol.* 2005;93:575–80.
53. Janse de Jonge XA. Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Med.* 2003;33:833–
54. Smekal G, von Duvillard SP, Frigo P, Tegelhofer T, Pokan R, Hofmann P, Tschann H, Baron R, Wonisch M, Renezedler K, Bachl N. Menstrual cycle: no effect on exercise cardiorespiratory variables or blood lactate concentration. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1098-106.
55. Mattu AT, Iannetta D, MacInnis MJ, Doyle-Baker PK, Murias JM. Menstrual and oral contraceptive cycle phases do not affect submaximal and maximal exercise responses. *Scand J Med Sci Sports.* 2020;30:472-84.
56. Barba-Moreno L, Cupeiro R, Romero-Parra N, Janse de Jonge XAK, Peinado AB. Cardio-respiratory responses to endurance exercise over the menstrual cycle and with oral contraceptive use. *J Strength Cond Res.* 2019;10.1519/JSC.0000000000003447.
57. Goldsmith E, Glaister M. The effect of the menstrual cycle on running economy. *J Sports Med Phys Fitness.* 2020;60:610-17.

Ferritin status impact on hepcidin response to endurance exercise in physically active women along different phases of the menstrual cycle

Víctor M. Alfaro Magallanes, Laura Barba Moreno, Ana B. Peinado

LFE Research Group. Department of Health and Human Performance. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00022

Recibido: 12/05/2020

Aceptado: 01/12/2020

Summary

Serum ferritin has been proposed as a predictor of hepcidin concentrations in response to exercise. However, this fact has not been studied in physically-active women. Therefore, the main objective of this study was to analyse the hepcidin response at different ferritin status before and after running exercise in physically active females. Fifteen eumenorrheic women performed a 40-min running protocol at 75% of VO_{2peak} speed in different menstrual cycle phases (early-follicular phase, mid-follicular phase and luteal phase). Blood samples were collected pre-exercise, 0h post-exercise and 3h post-exercise. For statistics, participants were divided into two groups according to their pre-exercise ferritin levels (<20 and ≥ 20 $\mu\text{g/L}$). Through menstrual cycle, hepcidin was lower in both early follicular phase ($p=0.024$; 64.81 ± 22.48 ng/ml) and mid-follicular phase ($p=0.007$; 64.68 ± 23.91 ng/ml) for <20 $\mu\text{g/L}$ ferritin group, in comparison with ≥ 20 $\mu\text{g/L}$ group (81.17 ± 27.89 and 79.54 ± 22.72 ng/ml, respectively). Hepcidin showed no differences between both ferritin groups in either pre-exercise, 0h post-exercise and 3h post-exercise. Additionally, no association between pre-exercise ferritin and hepcidin levels 3h post-exercise ($r=-0.091$; $p=0.554$) was found. Menstrual cycle phase appears to influence hepcidin levels depending on ferritin reserves. In particular, physically-active females with depleted ferritin reserves seems to present lower hepcidin levels during the early-follicular phase and mid-follicular phase. However, no association between ferritin and hepcidin levels was found in this study. Hence, ferritin levels alone may not be a good predictor of hepcidin response to exercise in this population. Multiple factors such as sexual hormones, training loads and menstrual bleeding must be taken into account.

Key words:

Iron. Anemia. Female. Athlete. Sex hormones.

Impacto de las reservas de ferritina sobre la respuesta de la hepcidina al ejercicio de resistencia en las mujeres físicamente activas a lo largo de las diferentes fases del ciclo menstrual

Resumen

La ferritina sérica parece ser un predictor de la respuesta de la hepcidina al ejercicio. Sin embargo, este hecho no ha sido estudiado en mujeres físicamente activas. El objetivo fue analizar la respuesta de la hepcidina en diferentes estados de la ferritina antes y después del ejercicio. Quince mujeres eumenorreicas realizaron un protocolo de carrera de 40 minutos al 75% de la velocidad VO_{2pico} en diferentes fases del ciclo menstrual (fase folicular temprana, fase folicular media y fase lútea). Se recogieron muestras de sangre antes del ejercicio y a las 0h y 3h después del ejercicio. Las participantes se dividieron en dos grupos según sus niveles de ferritina previos al ejercicio (<20 y ≥ 20 $\mu\text{g/L}$). La hepcidina fue más baja tanto en la fase folicular temprana ($p=0,024$; $64,81 \pm 22,48$ ng/ml) como en la fase folicular media ($p=0,007$; $64,68 \pm 23,91$ ng/ml) para el grupo de ferritina <20 $\mu\text{g/L}$ en comparación con el grupo de ferritina ≥ 20 $\mu\text{g/L}$ ($81,17 \pm 27,89$ y $79,54 \pm 22,72$ ng/ml, respectivamente). La hepcidina no mostró diferencias entre ambos grupos de ferritina para ninguno de los momentos (antes del ejercicio, 0h y 3h después del ejercicio). No se encontró ninguna asociación entre los niveles de ferritina previos al ejercicio y los niveles de hepcidina 3h posteriores al ejercicio ($r=-0,091$; $p=0,554$). El ciclo menstrual parece influir en los niveles de hepcidina dependiendo de las reservas de ferritina. En particular, las mujeres físicamente activas con reservas de ferritina agotadas parecen presentar niveles de hepcidina más bajos durante la fase folicular temprana y la fase folicular media. Sin embargo, no se encontró ninguna asociación entre la ferritina y la hepcidina. Por lo tanto, los niveles de ferritina por sí solos pueden no ser un buen predictor de la respuesta de la hepcidina al ejercicio en esta población. Se deben tener en cuenta múltiples factores como las hormonas sexuales, las cargas de entrenamiento y el sangrado menstrual.

Palabras clave:

Hierro. Anemia. Mujer. Atleta. Ciclo menstrual. Hormonas sexuales.

Correspondencia: Laura Barba Moreno
E-mail: laurabarbamoreno91@gmail.com

Introduction

Poor iron status can affect health and athletic performance^{1,2}. Daily iron needs are covered by dietary iron, iron stores as ferritin, and iron recycling by macrophages. These mechanisms are controlled by the peptide hormone hepcidin, which acts by internalizing and degrading ferroportin, the only known cellular exporter of iron. Increased expression of hepcidin reduces iron inflow to plasma, while decreased expression produces the opposite effect³. There are several stimuli that influence the synthesis of this hormone. Hepcidin expression is increased by intra and extra cellular iron concentrations and inflammation, mainly interleukin-6 (IL-6), while it is decreased by low iron intra and extra cellular concentrations, erythropoietic activity and hypoxic stimuli⁴. Exercise practice can modify aforementioned hepcidin regulators⁵⁻⁹. Specifically, running shows a powerful capacity to increase hepcidin expression due to IL-6 production, chiefly owing to the higher foot strike haemolysis befallen in this modality¹⁰ and/or its production as a myokine in the muscle during aerobic exercise¹¹.

Moreover, gender has also influence over iron losses and stores due to menstrual menses^{1,12}. Along with this, several studies have already suggested changes over hepcidin production by high concentrations of sex hormones; specifically, high oestrogen concentrations are supposed to downregulate hepcidin synthesis¹³⁻¹⁶ and reduce ferroportin expression in cells membrane¹⁷. Interestingly, progesterone seems to produce an opposite effect¹⁸. Although these effects are still not clear, it is reasonable to hypothesize that menstrual cycle could influence the hepcidin response. For all of the above reasons, women and athletic population frequently suffer from iron deficiency (ID) and iron deficiency anaemia (IDA)⁹.

Additionally, a positive correlation between ferritin and hepcidin levels has been described in the literature^{19,20}. Based on this relation, some studies observed the hepcidin response to exercise depending on the previous ferritin status of the participants, obtaining that the higher the levels of ferritin were before exercise, the higher the levels of hepcidin were 3 hours post-exercise^{21,22}. Only Peeling *et al.*²¹ tested men and women's response, but the results were presented as a whole, ignoring the possible influence of female sex hormones¹³⁻¹⁸. It is unknown the hepcidin response to endurance exercise of the active females in different menstrual cycle phases, depending on their pre-exercise ferritin concentrations. This information could help many active women to avoid ID and IDA due to poor training and nutrition planning. Thus, the purpose of this study was to compare the hepcidin response to exercise attending to baseline ferritin levels in physically active eumenorrheic women.

Material and method

Participants

Fifteen endurance-trained females with eumenorrheic cycles (age=35.6±4.2 years; height=163.9±5.9 cm; body mass=58.12±5.2 kg; peak oxygen consumption ($\text{VO}_{2\text{peak}}$)=50.5±3.7 ml/kg/min; body fat=24.2±7.0%; haemoglobin=13.1±0.9 g/dl; serum iron=73.9±37.1 µg/

dl; serum ferritin=37.8±22.1 µg/L) were recruited for this study. They were females between 25 and 40 years old. Inclusion criteria required participants to meet: eumenorrheic menstrual cycle during the year previous to the study; training endurance sports between 5 and 12 hours per week; presented with no IDA; not presenting thyroid problems; not consuming currently medication or dietary supplements (e.g., iron supplementation, tricyclic antidepressants, α -blockers, β -blockers, etc.); non-smokers; non-pregnant or ovariectomy. Eumenorrheic cycle is defined as normally occurring menstrual cycles, from 24 to 35 days in length^{23,24}. Research Ethics Committee of the Universidad Politécnica de Madrid approved the project, which is in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration. In addition, each participant signed an informed consent form.

Experimental Overview

The current study is an observational and randomized controlled study. Participants visited the laboratory to perform initial testing (body composition and $\text{VO}_{2\text{peak}}$ assessment). All the screening tests were performed during the early follicular phase (between days 2 and 5). Resting blood samples were obtained in early morning fasted state in order to verify that none of the participants showed signs of inflammation, IDA, thyroid problems or menstrual cycle dysfunction. For the last one, sexual hormones (progesterone, oestrogen, luteinizing and follicle-stimulating hormones and prolactin) were measured.

Body composition, as well as height and body mass were measured for all the participants. A stadiometer (SECA) was used for measuring height and a scale (range 0-150 kg, Beurer GmbH Germany) was used for body mass. For the body composition analysis, a Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) scan was performed, which measured body fat mass (%), total body fat mass (kg) and free fat mass (kg), using a GE Lunar Prodigy apparatus (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, USA).

For $\text{VO}_{2\text{peak}}$ measurement, participants performed a maximal graded test consisting of 3 minutes warm up at 6 km/h followed by an incremental period in which the speed was set at 8 km/h and increased by 0.2 km/h every 12 seconds until participant's exhaustion. 1% slope was set throughout all the test. A computerized treadmill (H/P/COSMOS 3PW 4.0, H/P/Cosmos Sports & Medical, Nussdorf-Traunstein, Germany) and a gas analyser Jaeger Oxycon Pro (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Germany) was used to determine their $\text{VO}_{2\text{peak}}$ and maximal aerobic speed ($\text{vVO}_{2\text{peak}}$). $\text{VO}_{2\text{peak}}$ was determined as the mean of the three highest breath-by-breath VO_2 measurements. $\text{vVO}_{2\text{peak}}$ was recorded as the minimum speed required to elicit $\text{VO}_{2\text{peak}}$.

After initial measurements, participants attended the laboratory on three different occasions throughout the menstrual cycle to carry-out the experimental protocol. Different phases of the menstrual cycle were selected for this study in order to analyze different hormonal environments as literature suggest²⁵: early follicular phase, low sex hormonal levels (days 2-5); mid-follicular phase, low progesterone but mid-high oestrogen levels (days 7-10; 8 ± 1.09); and luteal phase, elevated progesterone and oestrogen levels (days 19-21). Nevertheless, mid-follicular phase was selected instead late follicular phase (peak oestrogen concentrations) in order to ensure testing before ovulation as no luteinizing hormone surge testing was used in this study²⁵. The set value

for individuals progesterone concentration for the luteal phase was 6.0 ng.mL⁻¹, such as literature suggest to exclude deficient luteal phases²⁶.

Participants were asked to complete information about the length of their last four menstrual cycles (number of days from the cycle onset to the next one) to determine their average cycle length. Day 1 of the menstrual cycle was characterized by the onset of menstrual bleeding. These data were provided to a gynecologist, who confirmed menstrual cycles were eumenorrheic and calculated the days for the different menstrual phases. In addition, blood samples were collected for determination of female steroid hormones in each menstrual phase to confirm participants were performing the tests in the correct phase.

Ferritin Group Determination

Participants were divided into two groups according to their baseline ferritin levels before each exercise protocol performed in the different menstrual cycle phases conducted in the study. The cut-off point for the division of the groups was 20 µg/L. This decision was based on two criteria: 1º) at stage two of ID, this being the state prior to the IDA²⁷; 2º) the clinical depletion of ferritin reserves was found at <22 µg/L²⁸. Accordingly, the sample was divided into unexpended ferritin reserves group with ≥20 µg/L (FG≥20) and depleted ferritin reserves group with <20 µg/L (FG<20). The number of participants in each ferritin group were n=8 (early follicular and luteal phase) and n=7 (mid-follicular phase) for FG<20; n=7 (early follicular and luteal phase) and n=8 (mid-follicular phase) for FG≥20.

Experimental Protocol

Participants attended the laboratory at 07 am on the test day having had breakfast two hours earlier. Composition breakfast was controlled and supervised by a nutritionist in order to avoid pro-inflammatory food and carbohydrates as it may reduce the post-exercise hepcidin response following exercise²⁹. Repeat testing for each participant was conducted at the same time of day to minimize the potential effect of diurnal fluctuations.

Prior to the test, venous blood samples were drawn to measure the serum concentrations of oestrogen and progesterone to verify menstrual cycle phase.

After this, a running aerobic endurance test was performed. This test consisted of 5 minutes of warm-up at 60% of vVO_{2peak} followed by 40 minutes at 75% of vVO_{2peak} concluding with 5 minutes recovery at 30% of vVO_{2peak} . The same absolute velocity was used for each of the testing sessions. The testing protocol has been previously selected by other studies³⁰. The speed that participants ran on the treadmill was 11.2±1.1 km/hour (mean±SD). Blood samples were collected before the start of exercise (Baseline), immediately post-exercise (Post-0h) and 3 h post-exercise (Post- 3h). Samples were subsequently analysed for serum hepcidin, IL-6, iron and ferritin.

Nutrition and physical activity

The participants completed a 24-hour dietary recall for the 24 hour period immediately prior to the first session, which was the replicated for the following testing sessions. Participants were asked to be adequately

hydrated for each session, and to avoid caffeine and alcohol for 24 hours prior to testing. In addition, they were requested to refrain from any type of exercise for 24 hours prior to each testing session.

Blood samples analysis

All blood samples were obtained in a rested state by venipuncture using clot activator vacutainer tubes. Following inversion and clotting, the whole blood was centrifuged (Biosan LMC-3000 version V.5AD) for ten minutes at 3000 rpm and transferred into Eppendorf tubes and stored frozen at -80°C until further analysis. Total 17β-estradiol and progesterone were measured via ADVIA Centaur® solid-phase competitive chemiluminescent enzymatic immunoassay (Siemens Healthineers, Germany). Coefficients of variation reported by the laboratory for sexual hormones were: 7.48% for estradiol, 14.11% for progesterone, 7.74% for FSH, 10.77% for LH, 5.65% for prolactin. And for iron parameters: 4.15% for iron, 4.92% for ferritin, 1.4% for transferrin, 5.9% for IL-6 and 4.55% for hepcidin.

Serum samples were analysed in a AU400 clinical analyser (Beckman Coulter Ltd) for Iron (OSR6186), Ferritin (OSR61203), using Beckman re-actives; and in a Immulite 1000 (Siemens Healthineers) for Interleukin-6 (IL-6 Ref 6604071). Heparin was analysed using a microplate ELISA Kit (Elabscience Human Heparin Elisa kit. Catalog No. E-EL-H5497). Samples were assayed as duplicates. A Thermofisher Multiskan Ascent microplate reader connected to a computer was used to read ELISA microplate absorbance. The ascent software used controls microplate readings and ELISA microplate calibration data to calculate the final concentration of hepcidin in each sample.

Statistical analysis

All statistical analysis was conducted using the software package SPSS version 22 (IBM; Armonk, NY, USA) and the alpha level of significance was set at $p<0.05$. Data are expressed as means ± SD. All data were initially tested for normality with the Shapiro-Wilk test was used to determine data's normal distribution. For data with a normal distribution (iron post_0h and iron post_3h) Independent t-test was used, while for data that were not normally distributed (the rest of them) the non-parametric Mann-Whitney test was performed. For the data with a normal distribution the Levene's test was used to assess the equality of variances. Additionally, Pearson's correlation coefficients were calculated to assess any association between serum ferritin and hepcidin.

The effect size was used to examine the magnitude of change between ferritin groups. Their interpretation was based on the following criteria: <0.2 = trivial, 0.2 to 0.6 = small effect, >0.6 to 1.2 = moderate effect, >1.2 to 2.0 = large effect, and >2.0 = very large³¹.

Results

Hormone levels (mean±SD) presented in each phase of the cycle fulfilled the expected fluctuations for a typical menstrual cycle. Oestrogen showed the lowest levels in the early follicular phase (39.4±18.4 pg/ml), increasing during the mid-follicular phase (82.7±51.3 pg/ml) and presenting its highest levels in the luteal phase (110.7±33.6 pg/ml).

Progesterone exhibited its highest concentrations in the luteal phase (10.43±5.58 ng/ml) in comparison with the low levels found in early follicular (0.91±0.79 ng/ml) and mid-follicular phases (0.53±0.31 ng/ml). The mean±SD for the testing days of the different phases were the following ones: day 3±0.85 for the early follicular, day 8±1.09 for the mid-follicular and day 21±1.87 for the luteal (Table 1).

The mean hepcidin levels across the menstrual cycle for each ferritin group are presented in Figure 1A, while baseline and post-exercise values are shown in Figure 1B. FG<20 presented lower hepcidin concentrations than FG≥20 during the early follicular (p=0.024, d=0.04) and mid-follicular phases (p=0.007, d=0.24).

IL-6 and iron concentrations in the different phases of the menstrual cycle are shown in Table 2 for each ferritin group. FG<20 plasma iron was lower in comparison with FG≥20 throughout all the menstrual cycle (early follicular, p<0.001, d=1.17; mid-follicular, p<0.001, d=0.75; luteal, p=0.002, d=1.79). Furthermore, baseline and post-exercise values are presented in Table 3. FG<20 showed lower iron concentrations than FG≥20 at Baseline (p<0.001, d=0.90), Post-0h (p<0.001, d=0.95) and Post-3h (p<0.001, d=0.85). IL-6 reported no significant differences between

Table 1. Ferritin, 17β-estradiol and progesterone of the participants in each menstrual cycle phase (Mean±SD).

		Early	Mid	Luteal
Ferritin µg/L	FG<20	13.4±5.73	11.09±5.26	18.19±17.36
	FG≥20	39.11±22.73	43.44±19.89	49.54±20.5
17β-estradiol pg/ml	FG<20	35.49±13.81	61.17±33.16	123.46±30.64
	FG≥20	43.87±22.94	101.61±58.79	96.2±32.84
Progesterone ng/ml	FG<20	0.66±0.21	0.71±0.25	9.19±5.76
	FG≥20	1.2±1.11	0.36±0.28	11.85±5.49

Early: Early follicular phase; Mid: Mid-follicular phase; Luteal: Luteal phase; FG<20: Depleted ferritin reserves group; FG≥20: Unexpended ferritin reserves group.

Table 2. Mean±SD serum IL-6 and iron of each FG<20 and FG≥20 during different menstrual cycle phases.

		Early	Mid	Luteal
IL-6 pg/ml	FG<20	3.95±3.73	2.81±1.28	6.21±7.52
	FG≥20	2.67±1.09	3.28±1.61	4.00±4.34
Iron µg/dl	FG<20	39.58±19.67	54.75±25.33	57.91±29.10
	FG≥20	80.40±33.92*	101.07±32.17*	103.43±46.49*

Early: Early follicular phase; Mid: Mid-follicular phase; Luteal: Luteal phase; IL-6: Interleukin-6; FG<20: Depleted ferritin reserves group; FG≥20: Unexpended ferritin reserves group. *Significantly different from FG<20.

Table 3. Mean±SD serum IL-6 and iron of the FG<20 and FG≥20 pre-exercise, post-exercise and 3 hours post-exercise.

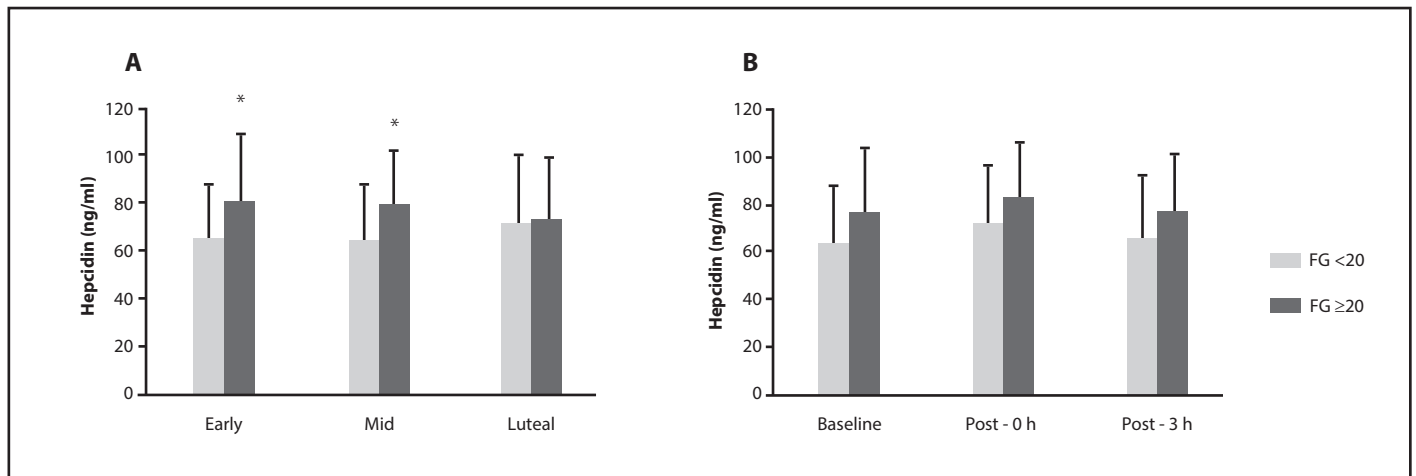
		Baseline	Post-0h	Post-3h
IL-6 pg/ml	FG<20	2.92±2.66	4.39±3.96	5.86±7.36
	FG≥20	2.10±0.33	3.33±1.29	4.51±4.24
Iron µg/dl	FG<20	47.46±25.16	49.51±24.46	53.75±28.24
	FG≥20	89.85±41.25*	99.06±41.16*	96.82±34.19*

Post-0h: 0 hours post-exercise; Post-3h: 3 hours post-exercise; IL-6: Interleukin-6; FG<20: Depleted ferritin reserves group; FG≥20: Unexpended ferritin reserves group. *Significantly different from FG<20.

ferritin groups for menstrual cycle phases (early follicular, mid-follicular and luteal; p>0.05) or time (Baseline, Post-0h and Post-3h; p>0.05).

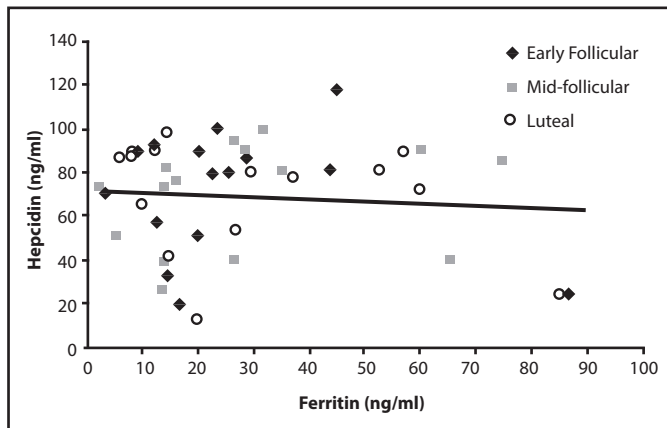
Correlation analysis did not reveal any association between baseline ferritin and hepcidin levels. We did not find any other association in each menstrual cycle phase for these two variables or between baseline ferritin and hepcidin at the different times of measurement (p>0.05). Figure 2 shows the association between Post-3h hepcidin response and Baseline serum ferritin levels in each menstrual cycle phase (r=-0.091; p=0.554).

Figure 1. Serum hepcidin levels of each FG<20 and FG≥20 during eumenorrhic cycle group phases and moments.



Early follicular phase (Early); Mid-follicular phase (Mid); Luteal phase (Luteal); 0 hours post-exercise (Post-0h); 3 hours post-exercise (Post-3h) Depleted ferritin reserves group (FG<20); Unexpended ferritin reserves group (FG≥20). *Significantly different from FG<20. *Significantly different from FG<20. Early follicular phase (p=0.024); Mid-follicular phase (p=0.007).

Figure 2. Scatter plot and linear trend line of each individual's Post-3h hepcidin response in association with their baseline serum ferritin levels in each menstrual cycle phase ($r=-0.091$; $p=0.554$).



Discussion

The main finding of this study is that hepcidin concentrations showed differences between ferritin groups in the early follicular phase and in the mid-follicular phase. However, this fact did not occur in the luteal phase.

During early follicular and mid-follicular phases, participants with low ferritin levels showed lower hepcidin levels. This is supported by other studies, finding lower hepcidin concentrations when ferritin levels are low in men and women, disregarding menstrual cycle phase effect^{21,22}. Nevertheless, this fact did not occur during the luteal phase where both groups showed similar hepcidin levels. Noting that previous literature did not take into account the influence of the menstrual cycle, a potential justification for the similarity between the two ferritin groups is the influence of sex hormones. Some authors¹⁸ recently found that progesterone presence in animals could lead to an increase in hepcidin expression, as well as elevated hepcidin levels in women who received progesterone supplementation due to a fertility treatment. Therefore, progesterone concentrations may also influence on iron metabolism. Moreover, although our study did not statistically compare menstrual cycle phases, a higher IL-6 was observed at luteal phase.

So in this phase, the lower hepcidin levels theoretically expected in the $FG < 20$ could be counteracted or affected by the presence of noticeably higher IL-6 and progesterone concentrations¹⁸. Conversely, it is unknown why there was no proportional increase in the $FG \geq 20$ group. Maybe the aforementioned mechanisms act by "blocking" the reduced hepcidin expression in an iron-deficient state ($FG < 20$), but this is only a hypothesis that need to be explored in depth with further research.

Contrary to the results found throughout the menstrual cycle, ferritin groups showed no differences at any time, whereas other studies reported changes in hepcidin levels for different ferritin status^{21,22}. Peeling *et al.*²² tested elite male athletes in a 25-km running protocol at 75% of vVO_{2peak} . The mean duration of this protocol was approximately 120 minutes and produced 9.4 ± 4.6 pg/ml of post-exercise IL-6. Our protocol was 40 minutes long, also at 75% of vVO_{2peak} . This produced lower levels

of IL-6 (about 3.5-4.0 pg/ml), which could reduce hepcidin response and therefore mask the differences between ferritin groups. However, Peeling *et al.*²¹ obtained similar IL-6 increments as our results at post-exercise with comparable protocols in duration and intensity, noting significant differences between ferritin groups in hepcidin levels at baseline and 3 hours post-exercise. Thus, IL-6 post-exercise response magnitude seems unlikely to mask hepcidin differences between ferritin groups.

In contrast to our study, the above mentioned studies^{21,22} split the participants according to their ferritin levels with higher cut-off points than ours. "Being the lowest points 35 $\mu\text{g/L}$ ²¹ and bottom 50th percentile of the participants, presenting a mean serum ferritin of 58 ± 7.8 $\mu\text{g/L}$ ²². Our cut-off point was 20 $\mu\text{g/L}$ and it is justified in "Ferritin Group Determination" methodology section, but with the current knowledge it is not possible to accurately establish the cut-off point where ferritin status is not blocking or reducing hepcidin response post-exercise. Due to the aforementioned, 20 $\mu\text{g/L}$ of ferritin could be an inadequate point in order to confirm, in physically active women, the influence of ferritin status on post-exercise hepcidin levels^{21,22}. In spite of this, endurance-trained females usually have low ferritin levels, as they are the population group most affected by iron deficiency⁹.

In addition to this issue, Peeling *et al.*^{21,22} found no differences in serum iron concentrations between ferritin groups. However, our results markedly showed lower serum iron in the $FG < 20$ compared with the $FG \geq 20$. This result can be explained due to the differences in ferritin reserves between studies. Literature has previously suggested decreased serum iron levels in individuals with ferritin < 30 $\mu\text{g/L}$ ³², as it is the case of the $FG < 20$ in our study. Therefore, in the case of physically active females, our results suggest a slightly lower cut-off point to evidence significant decrements in serum iron.

Curiously, no correlations were found between ferritin and hepcidin levels at baseline. Once again contradicting previous studies, which found positive correlations between ferritin and hepcidin in general population at baseline conditions^{19,20}. As mentioned previously, endurance-trained females seem to have a poorer iron status⁹, and ferritin levels are commonly low or deficient. This particular scenario for physically active women could differ from healthy women since ferritin means and ranges are wider in these studies (46, 18-140 $\mu\text{g/L}$ ¹⁹ and 81.6, 8.7-368.6 $\mu\text{g/L}$ ²⁰) compared with our study (37.8, 7.5-79.8 $\mu\text{g/L}$). Similarly, we did not obtain association between baseline ferritin and pre- and post-exercise hepcidin, although a positive association have been shown in studies with male participants^{21,22}. Consequently, it is difficult to compare the results since they had higher and wider ferritin values and did not consider the possible influence of the menstrual cycle phase on this association.

Hence, considering menstrual cycle phases, physically active female could have a different ferritin/hepcidin association compared to physically active men and general population. This is not surprising knowing that endurance-trained eumenorrheic females are the population group most affected by different factors when regulating hepcidin, as they have been mentioned previously (Sangkhae and Nemeth 2017; Latunde-Dada 2013; Roecker *et al.* 2005; Sim *et al.* 2014; Peeling *et al.* 2008; Peeling *et al.* 2009; McClung 2012; Goldstein 2016; Pedersen and Febbraio 2008; Constantini, Dubnov, and Lebrun 2005; Lehtihet *et al.* 2016; Yang *et al.* 2012; Hou *et al.* 2012; Qian *et al.* 2015; Li *et al.* 2016; Bajbouj *et al.* 2018).

The main limitation of the present study was the small sample size recruited. Research with a larger sample could reinforce the new results found in our study. No ovulation test was carried out despite the verification of hormone levels in each phase, so it is not possible to guarantee the ovulation of participants. Furthermore, protocols with greater intensity, duration, or both could allow us to observe additional differences in blood parameters. These results suggest that further research is needed in order to clarify the ferritin/hepcidin relation in endurance-trained females due to their special conditions regarding iron metabolism.

Ferritin levels do not necessarily have to be a good predictor of hepcidin response to exercise in endurance-trained females. However, during the early follicular and mid-follicular phases the hepcidin response of those women with lower ferritin reserves was lower. Therefore, these phases appear to be favourable for assuming iron intake either by diet or by supplementation, being a good strategy to maximize iron absorption in individuals with low ferritin levels.

Menstrual cycle phase appears to influence hepcidin levels depending on ferritin reserves. In particular, physically active females with depleted ferritin reserves seems to present lower hepcidin levels during the early follicular and mid-follicular phases. Lastly, menstrual cycle and ferritin status should be considered together in future research since our results found different hepcidin levels in different hormonal environments.

Acknowledgments

We would like to thank to our volunteers for having taken part of the study. This study was supported by the IronFEMME Project, funded by the Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, Convocatoria de Ayudas I+D 2016, Programa Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016 (Grant code DEP2016-75387-P).

VMAM was supported by a grant provided by Universidad Politécnica de Madrid.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Kim I, Yetley EA, Calvo MS. Variations in iron-status measures during the menstrual cycle. *Am J Clin Nutr.* 1993;58:705–9.
- Beard J, Tobin B. Iron status and exercise. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:594–7.
- Sangkhae V, Nemeth E. Regulation of the Iron Homeostatic Hormone Hepcidin. *Adv Nutr An Int Rev J.* 2017;8:126–36.
- Latunde-Dada GO. Iron metabolism in athletes - achieving a gold standard. *Eur J Haematol.* 2013;90:10–5.
- Roecker L, Meier-Buttermilch R, Brechtel L, Nemeth E, Ganz T. Iron-regulatory protein hepcidin is increased in female athletes after a marathon. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95:569–71.
- Sim M, Dawson B, Landers G, Trinder D, Peeling P. Iron regulation in athletes: Exploring the menstrual cycle and effects of different exercise modalities on hepcidin production. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014;24:177–87.
- Peeling P, Dawson B, Goodman C, Landers G, Trinder D. Athletic induced iron deficiency: new insights into the role of inflammation, cytokines and hormones. *Eur J Appl Physiol.* 2008;103:381–91.
- Peeling P, Dawson B, Goodman C, Landers G, Wiegerinck ET, Swinkels DW, et al. Effects of exercise on hepcidin response and iron metabolism during recovery. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009;19:583–97.
- McClung JP. Iron status and the female athlete. *J Trace Elem Med Biol.* 2012;26:124–6.
- Goldstein ER. Exercise-Associated Iron Deficiency: A Review and Recommendations for Practice. *Strength Cond J.* 2016;38:24–34.
- Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev.* 2008;88:1379–406.
- Constantini NW, Dubnov G, Lebrun CM. The menstrual cycle and sport performance. *Clin Sports Med.* 2005;24:51–82.
- Lehtihet M, Bonde Y, Beckman L, Berinder K, Hoybye C, Rudling M, et al. Circulating hepcidin-25 is reduced by endogenous estrogen in humans. *PLoS One.* 2016;11:e0148802.
- Yang Q, Jian J, Katz S, Abramson SB, Huang X. 17 α -Estradiol Inhibits Iron Hormone Hepcidin Through an Estrogen Responsive Element Half-Site. *Endocrinology.* 2012;153:3170–8.
- Hou Y, Zhang S, Wang L, Li J, Qu G, He J, et al. Estrogen regulates iron homeostasis through governing hepatic hepcidin expression via an estrogen response element. *Gene.* 2012;511:398–403.
- Bajbouj K, Shafarin J, Allam H, Madkour M, Awadallah S, El-Serafy A, et al. Elevated levels of estrogen suppress hepcidin synthesis and enhance serum iron availability in premenopausal women. *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2018;126:453–9.
- Qian Y, Yin C, Chen Y, Zhang S, Jiang L, Wang F, et al. Estrogen contributes to regulating iron metabolism through governing ferroportin signaling via an estrogen response element. *Cell Signal.* 2015;27:934–42.
- Li X, Rhee DK, Malhotra R, Mayeur C, Hurst L, Ager E, et al. Progesterone receptor membrane component-1 regulates hepcidin biosynthesis. *J Clin Invest.* 2016;126:389–401.
- Ganz T, Olbina G, Girelli D, Nemeth E, Westerman M. Immunoassay for human serum hepcidin. *Blood.* 2008;112:4292–7.
- Galesloot TE, Vermeulen SH, Geurts-Moespot AJ, Klaver SM, Kroot JJ, Van Tienoven D, et al. Serum hepcidin: Reference ranges and biochemical correlates in the general population. *Blood.* 2011;117:218–26.
- Peeling P, Sim M, Badenhorst CE, Dawson B, Govus AD, Abbiss CR, et al. Iron status and the acute post-exercise hepcidin response in athletes. *PLoS One.* 2014;9:e93002.
- Peeling P, McKay AKA, Pyne DB, Guelfi KJ, McCormick RH, Laarakkers CM, et al. Factors influencing the post-exercise hepcidin-25 response in elite athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2017 Jun;117:1233–9.
- Lebrun CM, McKenzie DC, Prior JC, Taunton JE. Effects of menstrual cycle phase on athletic performance. *Med Sci Sport Exerc.* 1995;27:437–44.
- Middleton LE, Wenger HA. Effects of menstrual phase on performance and recovery in intense intermittent activity. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96:53–8.
- Janse de Jonge X, Thompson B, Han A. Methodological Recommendations for Menstrual Cycle Research in Sports and Exercise. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 2019;1. Available from: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-90000000-96573>
- Schaumberg MA, Jenkins DG, Janse de Jonge XAK, Emmerton LM, Skinner TL. Three-step method for menstrual and oral contraceptive cycle verification. *J Sci Med Sport.* 2017;20:965–9.
- Peeling P, Blee T, Goodman C, Dawson B, Claydon G, Beilby J, et al. Effect of Iron Injections on Aerobic- Exercise Performance of Iron-Depleted Female Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007;17:221–31.
- Suominen P, Punnonen K, Rajamäki a, Irljala K. Serum transferrin receptor and transferrin receptor-ferritin index identify healthy subjects with subclinical iron deficits. *Blood.* 1998;92:2934–9.
- Badenhorst CE, Dawson B, Cox GR, Laarakkers CM, Swinkels DW, Peeling P. Acute dietary carbohydrate manipulation and the subsequent inflammatory and hepcidin responses to exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115:2521–30.
- Sim M, Dawson B, Landers G, Swinkels DW, Tjalsma H, Yeap BB, et al. Oral contraception does not alter typical post-exercise interleukin-6 and hepcidin levels in females. *J Sci Med Sport.* 2015;18:8–12.
- Hopkins WG. Spreadsheets for analysis of controlled trials with adjustment for a predictor. *Sportscience.* 2006;10:46–50.
- Bermejo F, García-López S. A guide to diagnosis of iron deficiency and iron deficiency anemia in digestive diseases. *World J Gastroenterol.* 2009;15:4638.

Deep-water running training at moderate intensity and high intensity improves pain, disability, and quality of life in patients with chronic low back pain: a randomized clinical trial

Ana C Kanitz¹, Bruna Machado¹, Denise Rodrigues², Guano Zambelli¹, André Ivaniski¹, Natália Carvalho¹, Thaís Reichert¹, Edmilson Pereira¹, Rochelle Rocha¹, Rodrigo Sudatti³, Luiz F Martins¹

¹Federal University of Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Brasil. ²Federal University of Uberlândia. Uberlândia. Brasil. ³Federal University of Santa Catarina. Trindade. Brasil.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00023

Recibido: 28/04/2020

Aceptado: 10/12/2020

Summary

Objective: The present study aimed to verify the influence of training intensity in the aquatic environment on pain, disability, physical capacity, and quality of life in patients with chronic low back pain. Design/Setting: A randomized clinical trial. Subjects: Twenty-two patients with chronic low back pain of both sexes (13 women and 9 men) participated in the study.

Material and method: One group performed deep-water walking/running training at moderate intensity (MIT) and a second group performed deep-water walking/running training at high intensity (HIT). Pain, disability, peak oxygen uptake (VO_{2peak}), and quality of life were assessed before and after an intervention.

Results: Decreases in pain and disability were observed within both groups, without differences in these parameters between training groups. VO_{2peak} did not change in either group after the training intervention. The results of the HIT group showed more significant improvements in quality of life than that of the MIT group, highlighting the social domain, psychological domain, and general quality of life. Both groups presented significant improvements in the physical and environmental domains of quality of life.

Conclusions: Deep-water aerobic exercise training seems to be effective for improving pain symptoms and reducing the disability of people with chronic low back pain. These improvements seem to be independent of the intensity at which the training is performed. In addition, improving pain and disability does not directly reflect all areas of quality of life. In this case, the group that performed the intervention at high intensity achieved more significant improvements in quality of life.

Key words:

Exercise. Aerobic exercise. Exercise intensity. Aquatic exercise. Deep-water running. Back pain. Chronic pain. Low back pain. Health professions.

El entrenamiento de carrera de piscina profunda de intensidad moderada y alta intensidad mejora el dolor, la discapacidad y la calidad de vida en pacientes con dolor lumbar crónico: un ensayo clínico aleatorizado

Resumen

Objetivo: El presente estudio tuvo como objetivo verificar la influencia de la intensidad del entrenamiento en el ambiente acuático sobre el dolor, la discapacidad, la capacidad física y la calidad de vida en pacientes con dolor lumbar crónico. Diseño/entorno: un ensayo clínico aleatorizado. Sujetos: Veintidós pacientes con dolor lumbar crónico de ambos sexos (13 mujeres y 9 hombres) participaron en el estudio.

Material y método: Un grupo realizó entrenamiento de caminar/correr en aguas profundas a intensidad moderada (MIT) y un segundo grupo realizó entrenamiento de caminar/correr en aguas profundas a alta intensidad (HIT). El dolor, la discapacidad, el consumo máximo de oxígeno (VO_{2pico}) y la calidad de vida se evaluaron antes y después de una intervención.

Resultados: Se observaron disminuciones en el dolor y la discapacidad en ambos grupos, sin diferencias en estos parámetros entre los grupos de entrenamiento. VO_{2peak} no cambió en ninguno de los grupos después de la intervención de entrenamiento. Los resultados del grupo HIT mostraron mejoras más significativas en la calidad de vida que la del grupo MIT, destacando el dominio social, el dominio psicológico y la calidad de vida general. Ambos grupos presentaron mejoras significativas en los dominios físicos y ambientales de la calidad de vida.

Conclusiones: El entrenamiento de ejercicio aeróbico en aguas profundas parece ser efectivo para mejorar los síntomas del dolor y reducir la discapacidad de las personas con dolor lumbar crónico. Estas mejoras parecen ser independientes de la intensidad a la que se realiza el entrenamiento. Además, mejorar el dolor y la discapacidad no refleja directamente todas las áreas de calidad de vida. En este caso, el grupo que realizó la intervención a alta intensidad logró mejoras más significativas en la calidad de vida.

Palabras clave:

Ejercicio. Ejercicio aeróbico. Intensidad de ejercicio. Ejercicio acuático. Carrera en aguas profundas. Dolor de espalda. Dolor crónico. Dolor lumbar. Profesiones de la salud.

Correspondencia: Bruna Machado Barroso

E-mail: brunambarroso@hotmail.com

Introduction

Currently, musculoskeletal pains are extremely frequent in the world's population, mainly in middle-aged and working-aged adults. They negatively influence the quality of life of people, limiting their performance of daily activities¹. In this context, low back pain affects about 12% of the world's population². Chronic low back pain refers to pain in the vertebral region or lumbar paravertebral region; it is considered chronic when it lasts more than 12 weeks³. A considerable number of patients who develop chronic symptoms do not respond to conventional therapies⁴ such as physiotherapy and medication. Thus, it is believed that regular mechanical activity, such as that produced by physical exercise, seems to be the most reasonable treatment for patients with chronic low back pain^{3,5-7}.

Among the indicated exercises, those performed in the aquatic environment stand out, since they have great influence on the sensorial system due to the ability of the hydrostatic pressure and water temperature to reduce the sensation of pain⁸. In addition, resting immersion, at thermoneutral temperature (33-35°C)⁹, is closely linked to muscle relaxation and a sense of well-being¹⁰. Within this context, exercises in the aquatic environment seem to be an interesting alternative for people with chronic low back pain, because in addition to the benefits reported, aquatic exercises also have different biomechanical characteristics compared to that of the land environment. Deep-water running has no impact on the lower limbs and is also notable for causing spinal decompression compared to walking/running on a treadmill or in a shallow pool¹¹. In addition, this modality allows one to achieve high aerobic intensities, which offer functional, strength, and resistance benefits^{11,12} that are negatively correlated with the degree of disability and pain.

However, most studies in the literature discussing physical exercise interventions do not achieve a control and a progression of intensity throughout the intervention. In addition, no studies were found comparing the effect of different training intensities on pain and disability in patients with chronic low back pain^{8,12,13}. In the aquatic environment, studies have been found that evaluate the effect of hydrotherapy alone or compared with traditional physiotherapy^{8,13,14}, but some studies evaluate a systematic training with intensity control in the aquatic environment^{1,15,16}. In addition, some authors suggest that physical exercise at higher intensities may provoke an analgesic effect induced by hormonal changes, resulting from a greater release of cortisol and adrenaline^{1,17}.

Thus, the practice of regular exercise seems to provide important benefits in the treatment of chronic low back pain and the aquatic environment seems to be a safe environment for practice. However, there are still few studies in the literature regarding this topic, mainly regarding the intensity of the intervention. In this way, the present study aimed to verify the influence of training intensity in the aquatic environment on pain, disability, physical capacity, and quality of life in patients with chronic low back pain. According to the hypothesis of this study, it is believed that both moderate- and high-intensity training will provide important improvements in the evaluated outcomes. However, it is believed that the high-intensity training will maximize the benefits of the participants' physical capacity in a more significant way, which may be reflected in the other outcomes.

Material and method

Experimental design and problem approach

The study is characterized as a randomized clinical trial with two groups in parallel. One group (MIT) performed deep-water walking/running training at moderate intensity, and a second group (HIT) performed deep-water walking/running training at high intensity. A control group was not tested, since the effectiveness of the exercise interventions in the answers of interest are already well documented in the literature^{1,3,5,7,15,16}, leaving a gap in understanding which intensity provides the best benefits. All measurements were taken before the intervention period and 72 h after the last training session, with all assessments completed within a maximum period of one week after the end of the training. Each evaluation was always carried out by the same researcher, who was specifically trained for this evaluation, and was performed using the same equipment. In addition, the evaluators were blinded to the intervention groups to which the participants belonged. This study was designed following the recommendations of the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT)¹⁸.

Subjects

Twenty-two physically active patients with chronic low back pain of both sexes (13 women and 9 men) participated in the study. For participation, those interested were required to present with a medical diagnosis of chronic low back pain, with or without irradiation to the lower limbs, for more than 12 weeks. It was not necessary to have previous experience with deep-water running. When included in the study, participants were instructed not to practice other modalities of physical exercise. There was no control over what type of physical activity was performed before the study, as well as, how long they were practicing.

The project was publicized in social networks and local newspapers. Participants were informed of the study objectives, the possibilities of discomfort, and the risks of procedures and interventions. After agreeing to participate in the study, they signed an informed consent form. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Rio Grande do Sul (registration n°: 39789014.6.0000.5347).

After all pre-intervention evaluations, the participants were randomized into the two intervention groups: deep-water walking/running at moderate intensity (MIT; n=11) and deep-water walking/running at high intensity (HIT; n=11). The randomization process was done by a researcher not involved in the evaluations, and the interventions of the study were determined by removing a paper from an opaque envelope in which there were numbers corresponding to each group.

Assessments

The evaluations were conducted in the Biodynamics Laboratory of Movement of the School of Physical Education, Physiotherapy, and Dance of the Federal University of Rio Grande do Sul. All evaluations were performed individually in only one session of approximately 1 hour. Participants were instructed not to use analgesic medication 24 hours before the evaluations.

Initially, the participants remained at rest, sitting in a chair with their arms relaxed at the side of their body. They remained in this resting position for 15 minutes. After this period, blood pressure (BP) was measured as a safety measure in preparation for the maximum treadmill test that was performed later (MAPA, Meditech, model ABPM-04). A systolic BP below 140 mm Hg and a diastolic BP below 90 mm Hg was considered as adequate BP¹⁹.

Afterwards, the participants were instructed to respond to the Visual Analogue Scale (VAS) and the Oswestry indexes that assess pain and disability, respectively. Then, they were positioned on the treadmill to begin the maximal test. This test had the objective of evaluating the peak oxygen uptake (VO_{2peak}). The participants were instructed to avoid both the consumption of caffeine and exercise within 24 hours of the test and to avoid eating within 3 hours of the test. We used an INBRAMED treadmill (Porto Alegre, Brazil) and a VO2000 portable gas analyzer from MedGraphics (Ann Arbor, USA). The protocol involved the use of an incremental load, with an initial velocity of 6 km/h and an inclination of 1% for 2 minutes. Afterwards, the inclination was maintained at a fixed level and we increased the velocity to 1 km/h every 2 minutes until the participant reported exhaustion. The assessment was considered valid when some of the following criteria were met at the end of the test: the estimated maximal heart rate was reached [220 minus the participant's age, in beats per minute (bpm)], a respiratory exchange ratio greater than 1.15 was reached, and an effort perception of 19 [Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) Scale, scale range of 6-20] was appraised²⁰. Lastly, the final stage of the evaluation session consisted of completing the World Health Organization Quality of Life (WHOQOL) questionnaire, which evaluates general quality of life in four different domains (physical, psychological, social, and environmental).

Training

Before starting the training periods, the participants performed four sessions of familiarization with the technique of deep-water running and with the aquatic environment. Deep-water running is carried out with the help of a float vest, which keeps the individual upright without using the foot support at the bottom of the pool. The elbows should be flexed at 90°, the hands closed, and the movement of the upper limbs alternating relative to the movement of the lower limbs.

Study participants were trained on non-consecutive days, twice a week for a period of 12 weeks. In case of failure to participate on one of the training days, an extra session for recovery was scheduled. The trainings were performed in the evening during consecutive hours, administered by the same instructor with experience in aquatic exercises. The classes had a duration of 45 minutes, which were consisted of warm-up, the main exercise period, and stretching. The warm-up period consisted of a walk at a slightly self-selected intensity. The main exercise period included deep-water walking and/or running at the intensities prescribed for each phase of the training and lasted for 35 minutes. Finally, the priority of the stretching portion was to stretch the main muscles used during the main exercise period.

The intensity prescription of both groups was administered with intensities defined according to the heart rate of the second ventilatory threshold (HR_{VT2}). During the classes, each participant used a heart rate

Table 1. 12-week periodization of deep water walking/running training at moderate intensity.

Week	Volume x Intensity	Total time
1, 2, 3 and 4	7x (3min 85% HR_{VT2} + 2min < 85% HR_{VT2})	35 min
5, 6, 7 and 8	7x (4min 90% HR_{VT2} + 1min < 85% HR_{VT2})	35 min
9, 10, 11 and 12	7x (4min 95% HR_{VT2} + 1min < 85% HR_{VT2})	35 min

HR_{VT2} : heart rate of the second ventilatory threshold.

monitor to control the training heart rate (HR) and were allowed a variation of 5 bpm above or below the targeted HR. Table 1 shows the periodization of the 12 weeks of training at moderate-intensity training and training at high-intensity training.

To determine the HR_{VT2} used in the prescription, a maximal deep-water running test was performed. The participants performed the test in a stationary position and at the depth of the shoulders. Participants were attached to the edge of the pool using a cable connected to the float vest. In this way they performed the stride of the race in a deep pool, and with each musical beat one leg should be positioned in front. The test protocol consisted of an initial rate of 85 beats per minute (bpm) for three minutes, increasing by 15 bpm every two minutes, until the individual indicated exhaustion or until the participant does not keep pace with the test. One of the evaluators monitored whether the individual's stride was within the rhythm of each phase of the test. HR was collected every 10 seconds using a heart rate monitor. The HR_{VT2} was determined by HR deflection point observed in the graph FC by the intensity¹².

Statistical analysis

Descriptive statistics (mean and 95% confidence interval) were used to report the results. Sample characterization data (at baseline) of both groups (HIT and MIT) were compared by independent T-test and chi-square test. Generalized estimating equations (GEE) and the Bonferroni post hoc test were used to compare the means of all dependent variables (in intention-to-treat and per protocol analysis). Furthermore, the effect size (ES, using Cohen's d) was calculated from the difference in post-training values between the HIT and MIT groups, and classified as small (between 0.2 and 0.5), moderate (between 0.5 and 0.8), or large (0.8 or more)²¹. The statistical significance level was set at $\alpha=0.05$ for all tests and the statistical software SPSS (version 22.0) was used for all analyses.

Results

The study started with 22 participants, with 11 in each intervention group. In the MIT group, three patients did not finish the study, one due to changes in working hours, one due to illness, and another by withdrawal. In the HIT group, there were four losses, as two participants abandoned the study and two did not conclude an intervention due to health reasons (Figure 1). All dropouts were invited to return to the final evaluations to perform the intent-to-treat analysis, however, only two participants originally in the HIT group attended. Baseline charac-

Figure 1. Flow diagram showing the participant’s enrollment process, allocation, follow-up and the analysis.

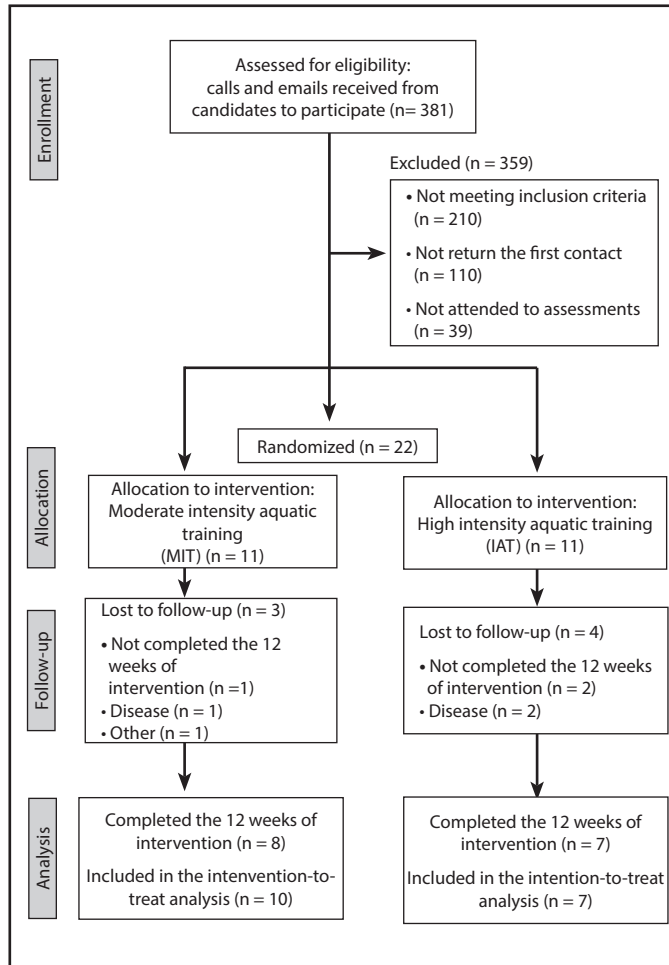


Table 2. 12-week periodization of deep water walking/running training at high intensity.

Week	Volume x Intensity	Total time
1, 2, 3 and 4	7x (3min 95% HR _{VT2} + 2min < 85%HR _{VT2})	35 min
5, 6, 7 and 8	7x (4min 100% HR _{VT2} + 1min < 85%HR _{VT2})	35 min
9, 10, 11 and 12	7x (3min 100% HR _{VT2} + 1min 105% HR _{VT2} + 1min < 85% HR _{VT2})	35 min

HR_{VT2}: heart rate of the second ventilatory threshold.

terization of the participants is presented in Table 2. All characteristics were similar between the groups ($p>0.05$).

The results regarding pain, disability, and VO_{2peak} can be observed in Table 3. Decreases in pain and disability were observed in both groups, as per protocol analysis (pain: $p<0.001$; disability: $p<0.001$) and the intention-to-treat analysis (pain: $p<0.001$; disability: $p<0.001$) after the training intervention. VO_{2peak} did not change after the training intervention; these results were confirmed according to the protocol ($p=0.675$)

Table 3. Patients’ characteristics.

	MIT	HIT	p value
Age (year)	41 (31 to 50)	35 (23 to 48)	0.666
Body mass (kg)	76 (47 to 105)	73 (47 to 85)	0.811
Height (cm)	1.66 (1.55 to 1.77)	1.64 (1.47 to 1.80)	0.660
BMI (kg/m ²)	27 (19 to 35)	27 (25 to 30)	0.737
Duration of symptoms (months)	60 (-26 to 145)	77 (-39 to 193)	0.647
Gender (F/M)	04/04	05/02	0.398

MIT: moderate intensity aquatic training; HIT: high intensity aquatic training. Comparisons were performed by Independent T-test; $\alpha=0.05$. Data are expressed as mean and confidence interval 95%.

and the intention-to-treat analyses ($p=0.531$). In addition, no differences in pain, disability, and VO_{2peak} were observed between the groups.

The results regarding quality of life and its domains can be observed in Table 4. The physical domain in the intention-to-treat analysis showed significant differences in the time effect ($p=0.011$), demonstrating a significant improvement in both groups with the interventions performed. However, in the protocol analysis, a significant interaction ($p=0.042$) was observed in the physical domain. In the post hoc analysis, we observed that both groups maintained their physical domain values from pre- to post-training and a significant difference was observed only between the post-training groups ($p=0.009$); higher scores in the physical domain were demonstrated in the HIT group compared to that of the MIT group.

In the intention-to-treat analysis of the psychological domain, significant changes with the interventions performed were not present, nor were there differences between the groups in this domain. However, a significant interaction was observed in the protocol analysis ($p=0.003$). In the post hoc analysis, a significant difference was observed between the post-training groups ($p<0.001$), as higher scores in the psychological domain were observed in the HIT group compared to those in MIT group. In addition, only the HIT group demonstrated significant improvements when pre- and post-training outcomes were compared. In contrast, the MIT group maintained its values.

The social domain showed a significant interaction in both the intention-to-treat analysis ($p=0.019$) and the protocol analysis ($p=0.013$). In the post hoc analysis, differences were observed between post-training groups (intention-to-treat: $p<0.001$; per protocol: $p<0.001$) and a significant improvement was observed in this domain only for the HIT group, from pre- to post-intervention (intention-to-treat: $p=0.013$; per protocol: $p=0.010$). The MIT group maintained its values after the intervention. The environmental domain had a significant effect on time in both the intention-to-treat analysis ($p=0.020$) and the protocol analysis ($p=0.032$). Furthermore, showing no difference between groups and no significant interaction in the environmental domain.

Finally, the general quality of life presented significant interaction in the intention-to-treat analysis ($p=0.001$) and in the protocol analysis ($p=0.006$). Post hoc analysis demonstrated a significant improvement from pre- to post- intervention only in the HIT group, both in intention-to-treat analysis ($p<0.001$) and in protocol analysis ($p=0.002$). The MIT group maintained its values regarding time.

Table 4. Pain, Oswestry disability Index and VO_{2peak} for moderate intensity aquatic training (MIT) and high intensity aquatic training (HIT) before and after 12 weeks of training.

Intention-to-treat analysis	MIT			HIT		
	Baseline	12 weeks	Change	Baseline	12 weeks	Change
Pain (100 mm VAS)	57.0 (45.4 to 68.6)	18.8* (11.4 to 26.3)	-38.2	58.4 (45.9 to 70.7)	27.4* (11.0 to 43.8)	-31.0
Oswestry Disability index	10.1 (7.4 to 12.9)	6.0* (3.3 to 8.7)	-4.1	14.4 (10.6 to 18.3)	9.2* (6.5 to 11.8)	-5.2
VO _{2peak} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	44.5 (39.1 to 49.9)	44 (38.5 to 50.3)	0.5	46.2 (37.3 to 55.1)	43.5 (36.7 to 50.2)	-2.9
Per protocol analysis	MIT			HIT		
	Baseline	12 weeks	Change	Baseline	12 weeks	Change
Pain (100 mm VAS)	57.0 (45.4 to 68.6)	18.8* (11.4 to 26.3)	-38.2	59.4 (45.9 to 72.9)	28.2* (7.8 to 48.6)	-31.2
Oswestry Disability index	10.1 (7.4 to 12.9)	6.0* (3.3 to 8.7)	-4.1	14.5 (10.2 to 18.8)	8.2* (5.8 to 10.6)	-6.3
VO _{2peak} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	34.3 (39.1 to 57.1)	37.4 (38.5 to 50.3)	3.1	37.9 (35.1 to 53.2)	40.1 (34.8 to 53.2)	2.1

Data are expressed as mean and confidence interval 95%; α=0.05. *p<0.05 for time effect (baseline vs. 12 weeks). Generalized estimated equation; Bonferroni correction.

Table 5. Quality of life for the moderate intensity aquatic training (MIT) and high intensity aquatic training (HIT) before and after 12 weeks of training.

Intention-to-treat analysis	MIT			HIT		
	Baseline	12 weeks	Change	Baseline	12 weeks	Change
PHYd	63.7 (55.1 to 72.3)	66.7* (56.6 to 77.3)	3.0	52.9 (45.7 to 60.2)	65.0* (58.6 to 71.4)	12.1
PSYd	63.2 (54.5 to 71.4)	62.5 (56.0 to 68.9)	-0.7	64.2 (54.2 to 74.5)	71.7 (60.9 to 82.3)	7.5
SOCd	63.9 (46.8 to 80.9)	54.2 ^a (45.0 to 63.3)	-9.7	59.8 (47.6 to 72.1)	80.0 ^{b*} (70.1 to 89.9)	20.2
ENVd	60.4 (54.3 to 66.5)	64.8* (56.9 to 72.8)	4.4	59.7 (53.8 to 65.5)	65.6* (59.6 to 71.6)	5.9
OQL	63.5 (50.9 to 74.0)	62.5 (47.5 to 77.5)	-1.0	53.4 (43.4 to 63.4)	75.0* (65.2 to 84.8)	21.6
Per protocol analysis	MIT			HIT		
	Baseline	12 weeks	Change	Baseline	12 weeks	Change
PHYd	60.1 (55.6 to 64.6)	56.2 ^b (52.4 to 60.1)	3.9	55.9 (46.2 to 65.7)	63.4 ^a (59.6 to 67.2)	7.5
PSYd	60.4 (55.8 to 65.0)	54.2 ^a (51.3 to 57.0)	-6.2	57.4 (48.8 to 65.9)	67.7 ^b (61.7 to 73.7)	10.3
SOCd	63.9 (46.8 to 80.9)	54.2 ^a (45.0 to 63.3)	-9.7	59.2 (44.4 to 74.1)	83.3 ^{b*} (73.3 to 93.3)	24.1
ENVd	60.4 (54.3 to 66.5)	64.8* (56.9 to 72.8)	4.4	60.4 (53.3 to 67.5)	67.2* (60.5 to 73.9)	6.8
OQL	62.5 (50.9 to 67.9)	62.5 (47.5 to 77.5)	-1.0	56.9 (45.9 to 67.9)	78.1* (67.9 to 88.3)	21.2

PHYD: physical domain; PSYD: psychological domain; SOCD: social relationship domain; ENVd: environment domain; OQL: overall quality of life. Data are expressed as mean and confidence interval 95%; α=0.05. *p<0.05 for time effect (baseline vs. 12 weeks). Different letters: p<0.05 for groups effect (MIT vs. HIT). Generalized estimated equation; Bonferroni correction.

In the analysis of the ES, the comparison of the MIT and HIT groups showed a large magnitude of effect for the following domains and their respective analyses: the physical domain in the intention-to-treat (0.99 [0.12 to 1.86]) and in the protocol analyses (0.99 [0.12 to 1.86]), the psychological domain in the protocol analysis (1.40 [0.48 to 2.32]), and the social domain in the intention-to-treat (1.30 [0.43 to 2.16]) and in the protocol analyses (1.59 [0.65 to 2.53]). A moderate magnitude of effect was shown for the disability index in the intention-to-treat analysis (0.56 [-0.13 to 1.26]), and for general quality of life domain in the intention-to-treat (0.53 [-0.27 to 1.34]) and protocol analyses (0.68 [-0.17 to 1.53]). Small effect was observed for pain in the intention-to-treat (0.30 [-0.39 to 1.00]) and in the protocol analyses (0.27 [-0.45 to 0.99]), for the disability index in the protocol analysis (0.40 [-0.31 to 1.11]), for VO_{2peak} in the intention-to-treat (0.07 [0.63 to 0.76]) and in the protocol analyses (0.03 [-0.72 to 0.77]), for the psychological domain in the intention-to-treat analysis (0.46 [-0.34 to 1.26]), for the environmental domain in the intention-to-treat (0.06 [-0.73 to 0.85]) and the protocol analyses (0.17 [-0.65 to 2.53]), and for general quality of life domain in the intention-to-treat analysis (0.53 [-0.27 to 1.34]).

Discussion

Overall, the results demonstrated that both the HIT and MIT interventions were effective in improving pain and disability in people with chronic low back pain. Regarding quality of life, the group that performed the intervention at a higher intensity experienced more significant results, highlighting the importance of the social domain and general quality of life. Both groups presented significant improvements in the physical and environmental domains. The results agree in part with our hypothesis, since we believed that both groups would show improvements in the outcomes evaluated. However, we believed that the high-intensity group would stand out in the improvements found, due to our hypothesis that they would experience a more marked improvement in physical capacity. Contrary to our belief, this did not change in both groups after the intervention.

In relation to pain and disability results, these corroborate the literature that shows that aerobic exercises in the aquatic environment are effective for improvements in these parameters^{1,15,16}. It is believed that physical exercise causes stress-induced analgesia, releasing cortisol and adrenaline into the bloodstream, and consequently increasing the practitioner's pain threshold¹. Chatzitheodourou *et al.*¹⁷ suggest that this behavior is maximized at higher intensities, however, our study does not support this theory. It appeared that regardless of training intensity, both groups experienced similar improvements in both pain and disability. In this sense, Hoffman & Al'Absi²² believe that intensities above 50% of maximal oxygen uptake (VO_{2max}) are already sufficient to provide an analgesic effect of exercise in patients with chronic low back pain. In the present study, the MIT group started training at an intensity of 85% of HRVT2 and progressed up to 95% of HRVT2, and thus these intensities were enough to observe a significant improvement in pain and disability.

In addition, it should be noted that these results demonstrate that aerobic exercise performed as deep-water running, whether at mode-

rate or high intensity, does not present adverse effects on patients, such as increased pain or disability, but rather a significant reduction in these parameters. In this way, high intensities can be prescribed for individuals with chronic low back pain in deep-water walking/running with safety. Still, we emphasize that aquatic exercise modalities present important characteristics, especially for patients with musculoskeletal problems involving pain. Among these, we highlight the possibility of practicing aerobic exercises at higher intensities due to reduced joint impact^{23,24} and spinal decompression¹¹. Along with reaping these benefits, the aquatic environment provides characteristics of greater security, greater tolerance of the exercise, and, consequently, a more pleasant experience with greater adhesion to an aquatic exercise regimen. Finally, it should be noted that in the literature, reductions in pain scores of greater than 20% are considered clinically relevant and in the present study, there was a mean reduction in pain scores of 60% in both intervention groups²⁵.

According to data published in the literature, the improvement of pain and disability seems to be related to improvements in physical fitness⁵⁻⁷ and in this context, the present study evaluated VO_{2peak} as a means of measuring physical fitness. However, the two interventions tested were not effective in improving this parameter; they were only effective in maintaining it, which demonstrates that improvements in pain and disability can occur even if there are no improvements in physical fitness. In the literature, studies that used frequencies of three or more sessions per week for aerobic training showed significant improvements in VO_{2peak} or VO_{2max} in patients with chronic low back pain^{14,26}. In elderly patients, Kanitz *et al.*²⁷ observed a significant increase in VO_{2peak} after a 12-week deep-water running intervention with three sessions per week. Thus, the weekly frequency of the present study - twice per week - was perhaps not enough to provide significant improvements in cardiorespiratory parameters. In addition, the participants of the present study started the study with mean VO_{2peak} values of 44.75 ml.kg⁻¹.min⁻¹, values that classify cardiorespiratory fitness as "good" for men and "excellent" for women²⁸. Thus, the high initial VO_{2peak} values of the participants in the present study reflect a smaller amplitude for the possibility of improvements, compared to sedentary or elderly participants, which characterized the participants of the aforementioned studies. Thus, once again, it is believed that a higher weekly frequency may have been more effective in providing improvements in cardiorespiratory parameters. In addition, it is believed that because the training and the assessment of physical fitness were carried out in different environments, perhaps there was no transfer of the benefits of training to the assessment. However, it is noteworthy that the assessment in land environment was chosen precisely to verify the benefits of the aquatic modality in the environment in which the participants live, and the maximum test in aquatic environment was performed only for the training prescription.

In contrast to the aforementioned outcomes, differences in the quality of life parameter were evident between the groups, demonstrating that exercise intensity may have an influence on this parameter in individuals with chronic low back pain. The environmental and physical domains were the only areas that improved equally with the interventions. In relation to the physical domain, which is related to pain, discomfort, energy, and sleep²⁹, it showed significant improvements in both groups and no difference between them. This result corroborates the findings of the present study related to pain and disability.

However, the improvement in physical domain was only observed in the intention-to-treat analysis. Regarding physical quality of life, since the MIT group showed different behavior pertaining to this outcome in both analyses, and the HIT demonstrated similar behavior in both analyses, one should be cautious in attributing beneficial effects to aquatic training of moderate intensity.

Another important domain of quality of life is the psychological domain, which is related to positive feelings and the capacity for thinking, learning, and self-esteem²⁹. Significantly higher scores for this domain were presented in the HIT group during the post-training period, but only in the analysis per protocol, which brings us to recognize a direct relationship between this outcome and the protocol of high intensity performed. The high-intensity exercise may have presented a greater challenge to the practitioners, which may lead to more positive behavior over time^{30,31}. In addition, in both analyses, the social domain and general quality of life showed significant improvements, but only in the HIT group. Thus, the high-intensity intervention seems to be more effective for improvements in quality of life compared to the moderate-intensity intervention.

The literature indicates that improvements in pain and disability directly reflect improvements in the quality of life of patients with chronic low back pain³². In the present study, the groups significantly improved in both the pain and disability parameters, but these improvements were reflected more in the group that trained at high intensity. The influence of intervention intensity on quality of life is not elucidated in the literature, as no studies have been found that observe the effects of different training intensities on the quality of life in patients with chronic low back pain or in any other patient population. Thus, the results of this study appear to be innovative in the literature, and they introduce a gap for further research.

The main limitations of this study were the small number of participating patients and the low weekly frequency of training for participants already considered as active with good-to-excellent physical fitness ratings. Thus, for future studies, a larger sample size and training at a higher weekly frequency are suggested.

From the results of the present study, we can conclude that aerobic training in aquatic environments seems to be effective for improving pain symptoms and reducing the disability of people with chronic low back pain. These improvements seem to be independent of the intensity at which the training is performed, including high-intensity training that proved safe for these participants. Still, these improvements are not necessarily related to an increase in physical capacity, since VO_{2peak} values were maintained throughout the intervention in both groups. In addition, improvement in pain and disability does not directly reflect the status of all areas of quality of life. In this case, the group that performed the intervention at high intensity highlighted unique domains, as they experienced more significant improvements in the social, psychological, and general quality of life domains. In contrast, the physical and environmental domains improved similarly in both groups.

Thus, aerobic exercise of deep-water walking/running may be indicated for patients affected by chronic low back pain. Furthermore, for the participants in this study who were classified as having good-to-excellent physical fitness, the two intensities, moderate and high, can also be indicated without any impairment in the parameters of pain or

disability. However, in order to have a positive impact on the quality of life of these patients, high-intensity training is more effective. As for improvement in cardiorespiratory fitness, we suggest a higher weekly frequency of training. Nonetheless, it is emphasized that the interventions were effective in maintaining cardiorespiratory fitness.

Acknowledged

The authors thank specially to CAPES and CNPq Brazilian Government Association for its support to this Project. We gratefully acknowledge all the participants who participated in this research and made this project possible. We are grateful for the collaboration of GPAT researchers, especially colleagues: Karen Przybysz Rosa and Felipe Schuch, who helped develop the study design and some data collections.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

1. Cuesta-Vargas AI, Romero JCG, Manzanares MTL, González-Sánchez M. Efectividad clínica de un programa de fisioterapia multimodal complementado con carrera acuática de alta intensidad sobre la lumbalgia. Un estudio con evaluación previa en el postest. *Fisioterapia*. 2010;32:17–24.
2. Nascimento PRC do, Costa LOP. Prevalência da dor lombar no Brasil: uma revisão sistemática. *Cad Saude Publica*. 2015;31:1141–56.
3. Fuentes PC, Hervías MTF, Barba MM-C, Matamoros DJC. Efectos de la hidroterapia en el dolor lumbar crónico: fisioterapia basada en la evidencia. *Rev Iberoam Fisioter y Kinesiol*. 2007;10:97–102.
4. Hinman RS, Heywood SE, Day AR. Aquatic physical therapy for hip and knee osteoarthritis: results of a single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2007;87:32–43.
5. Olson DA, Kolber MJ, Patel C, Pabian P, Hanney WJ. Aquatic exercise for treatment of low-back pain: a systematic review of randomized controlled trials. *Am J Lifestyle Med*. 2013;7:154–60.
6. Rinkus KM, Knaub MA. Clinical and diagnostic evaluation of low back pain. In: *Seminars in Spine Surgery*. Elsevier; 2008. p. 93–101.
7. Waller B, Lambeck J, Daly D. Therapeutic aquatic exercise in the treatment of low back pain: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2009;23:3–14.
8. Dundar U, Solak O, Yigit I, Evcik D, Kavuncu V. Clinical effectiveness of aquatic exercise to treat chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Spine*. 2009;34:1436–40.
9. Craig Jr AB, Dvorak M. Thermal regulation during water immersion. *J Appl Physiol*. 1966;21:1577–85.
10. Bender T, Karagülle Z, Bálint GP, Gutenbrunner C, Bálint P V, Sukenik S. Hydrotherapy, balneotherapy, and spa treatment in pain management. *Rheumatol Int*. 2005;25:220–4.
11. Dowzer C, Reilly T. Deep-water running. *Sport Exerc Inj*. 1998;4:56–61.
12. Kanitz AC, Reichert T, Liedtke GV, Pinto SS, Alberton CL, Antunes AH, et al. Maximal and anaerobic threshold cardiorespiratory responses during deep-water running. *Rev Bras Cineantropometria Desempenho Hum*. 2015;17:41–50.
13. Bello AI, Kalu NH, Adegoke BOA, Agyepong-Badu S. Hydrotherapy versus land-based exercises in the management of chronic low back pain: A comparative study. *J Musculoskelet Res*. 2010;13:159–65.
14. Baena-Beato PA, Arroyo-Morales M, Delgado-Fernández M, Gatto-Cardia MC, Artero EG. Effects of different frequencies (2–3 days/week) of aquatic therapy program in adults with chronic low back pain. A non-randomized comparison trial. *Pain Med*. 2013;14:145–58.
15. Cuesta-Vargas AI, García-Romero JC, Arroyo-Morales M, Diego-Acosta AM, Daly DJ. Exercise, manual therapy, and education with or without high-intensity deep-water running for nonspecific chronic low back pain: a pragmatic randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2011;90:526–38.
16. Cuesta-Vargas AI, Adams N, Salazar JA, Belles A, Hazañas S, Arroyo-Morales M. Deep water running and general practice in primary care for non-specific low back pain versus general practice alone: randomized controlled trial. *Clin Rheumatol*. 2012;31:1073–8.

17. Chatzitheodorou D, Kabitsis C, Malliou P, Mougios V. A pilot study of the effects of high-intensity aerobic exercise versus passive interventions on pain, disability, psychological strain, and serum cortisol concentrations in people with chronic low back pain. *Phys Ther*. 2007;87:304–12.
18. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMC Med*. 2010;8:18.
19. Medicine AC of S. *Diretrizes de ACSM para os testes de esforço e sua prescrição*. Guanabara Koogan; 2003.
20. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:1292.
21. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge; 2013.
22. Hoffman R, al'Absi M. The effect of acute stress on subsequent neuropsychological test performance (2003). *Arch Clin Neuropsychol*. 2004;19:497–506.
23. Alberton CL, Tartaruga MP, Pinto SS, Cadore EL, Antunes AH, Finatto P, et al. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. *Int J Sports Med*. 2013;34:881–7.
24. Alberton CL, Antunes AH, Beilke DD, Pinto SS, Kanitz AC, Tartaruga MP, et al. Maximal and ventilatory thresholds of oxygen uptake and rating of perceived exertion responses to water aerobic exercises. *J Strength Cond Res*. 2013;27:1897–903.
25. Keller A, Hayden J, Bombardier C, Van Tulder M. Effect sizes of non-surgical treatments of non-specific low-back pain. *Eur spine J*. 2007;16:1776–88.
26. Chan CW, Mok NW, Yeung EW. Aerobic exercise training in addition to conventional physiotherapy for chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92:1681–5.
27. Kanitz AC, Delevatti RS, Reichert T, Liedtke GV, Ferrari R, Almada BP, et al. Effects of two deep water training programs on cardiorespiratory and muscular strength responses in older adults. *Exp Gerontol*. 2015;64:55–61.
28. Herdy AH, Caixeta A. Brazilian cardiorespiratory fitness classification based on maximum oxygen consumption. *Arq Bras Cardiol*. 2016;106:389–95.
29. Fleck M, Louzada S, Xavier M, Chachamovich E, Vieira G, Santos L, et al. Aplicação da versão em português do instrumento abreviado de avaliação da qualidade de vida* WHOQOL-bref*. *Rev Saude Publica*. 2000;34:178–83.
30. Heisz JJ, Tejada MGM, Paolucci EM, Muir C. Enjoyment for High-Intensity Interval Exercise Increases during the First Six Weeks of Training: Implications for Promoting Exercise Adherence in Sedentary Adults. *PLoS One*. 14 de dezembro de 2016;11:e0168534. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168534>
31. Bartlett JD, Close GL, MacLaren DPM, Gregson W, Drust B, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J Sports Sci*. 2011;29:547–53.
32. Stefane T, Santos AM, Marinovic A, Hortense P. Dor lombar crônica: intensidade de dor, incapacidade e qualidade de vida. *Acta Paul Enferm*. 2013;26.

COVID-19 and home confinement: data on physical activity

Javier Fernández-Rio, José A. Cecchini, Antonio Méndez-Giménez, Alejandro Carriedo

EDAFIDES research group. Educational Sciences Department. Universidad de Oviedo.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00024

Recibido: 20/06/2020

Aceptado: 13/12/2020

Summary

In March 14th 2020, the Spanish Government declared the "State of Emergency" due to the pandemic caused by the COVID-19 and all the population was forced to "shelter-at-home" for two weeks. Citizens had less than 24 hours to prepare for the self-quarantine. The goal of the present was to assess Spanish citizens' physical activity practice at the end of the first week of the home quarantine. A total of 1858 Spanish citizens, 674 males and 1184 females (M = 40.18, SD = 15.84 years) agreed to participate. The study is descriptive in nature, based on an on-line questionnaire conducted seven days after the mandatory shelter-at-home health order issued by the Spanish Government. It included The International Physical Activity Questionnaire, Anthropometric parameters, Sociometric and COVID-19 information. Global results showed that the vast majority of the confined population was below the World Health Organization recommendations on Vigorous Physical Activity, Moderate Physical Activity or a combination. Physical activity practice was dependent on personal factors such as gender, age or weight, but also on contextual factors such as living with a dependent person or the type of house (square meters, having a balcony or a backyard). Insufficient physical activity has been considered a prominent risk factor for non-communicable diseases, mental health and, consequently, quality of life. Mandatory shelter-at-home orders like the ones issued due to COVID-19 could be repeated in the future. National authorities should consider the findings from the present study to prevent citizens from putting their health at jeopardy while in confinement.

Key words:

Pandemic. Quarantine. Behavior. Exercise. Health.

COVID-19 y confinamiento en casa: datos de actividad física

Resumen

El 14 de marzo de 2020, el gobierno español decretó el "estado de emergencia" debido a la pandemia provocada por la COVID-19 y la población fue forzada a confinarse en sus casas durante dos semanas. Los ciudadanos tuvieron menos de 24 horas para prepararse. El objetivo del estudio fue evaluar la práctica de actividad física de los españoles al final de la primera semana de la cuarentena en el hogar. Un total de 1858 ciudadanos españoles, 674 varones y 1184 mujeres (M = 40.18, SD = 15.84 años) accedieron a participar. El estudio siguió un diseño descriptivo, basado en un cuestionario on-line distribuido siete días después de decretarse por el Gobierno de España la orden de confinamiento de la población. Incluía el *International Physical Activity Questionnaire*, medidas antropométricas, sociométricas e información relacionada con el COVID-19. Los resultados globales mostraron que la amplia mayoría de la población confinada estaba por debajo de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud de Actividad Física Vigorosa, Actividad Física Moderada o una combinación. La práctica de actividad física dependió de factores personales como el género, la edad o el peso, pero también de factores contextuales como convivir con una persona dependiente o el tipo de casa (metros cuadrados, disponer de un balcón o de un patio). Una insuficiente cantidad de actividad física ha sido considerada como un factor de riesgo importante para el desarrollo de enfermedades no-communicables, para la salud mental y, consecuentemente, para la calidad de vida y los ciudadanos españoles confinados tenían niveles por debajo de los recomendados. Órdenes de confinamiento como las que se han decretado a raíz del COVID-19 podrían repetirse en el futuro. Las autoridades nacionales deberían tener en cuenta los resultados del presente estudio para prevenir que los ciudadanos pongan en riesgo su salud durante el confinamiento.

Palabras clave:

Pandemia. Cuarentena. Comportamiento. Ejercicio. Salud.

Correspondencia: Javier Fernandez-Rio

E-mail: javier.rio@uniovi.es

Introduction

December 2019 is considered the beginning of COVID-19 in Wuhan, China. The outbreak was declared a Public Health Emergency of International Concern on January 30th, 2020 by the World Health Organization (WHO). On March 13th, Europe became the epicentre of the pandemic. Finally, in March 14th, The Spanish Government declared the “State of Emergency” and population was forced to “shelter-at-home” for two weeks, except for public service (i.e., health, safety, social assistance, food, transport...). To our knowledge, it was the first time that the vast majority of a country’s population had to face two weeks of isolation / confinement at their homes. Other countries like China, Korea, Italy, France, Belgium or India issued similar orders, but in some of them only parts of the country were confined and in others, individuals were allowed to go out on the streets to exercise during different periods of time. In Spain, citizens had to remain indoors 24 hours, and they were only allowed to walk their dogs or buy food (except those who had “essential” jobs, previously mentioned). Therefore, the vast majority of the population was facing two weeks of compulsory home quarantine.

In a recent review, Brooks *et al.*¹ identified 24 articles describing the psychological impact of a quarantine. They were conducted across 10 countries and they included five different diseases (SARS, M. Ébola, 2009 and 2010 H1N1 influenza pandemic, Middle East respiratory syndrome and Equine influenza), participants ranged from 10 health-care workers to 6231 Korean residents, and isolation conditions were very different. Similar isolation / confinement contexts could be found in a prison², in Antarctic exploration bases³, or in space-mission simulated areas⁴. However, in all these contexts, individuals were prepared to face those confinement conditions, and in most cases, they volunteered to be there. In the compulsory shelter-at-home health order issued in Spain in March, a whole country was involved (47 million people aprox.), individuals were not given much time to prepare (less than 24 hours), and they were forced to accept it. Therefore, they were facing a completely new scenario, which could be repeated in the future. Researchers have the duty to study this phenomenon and provide insights for public health policies.

The positive connections between physical activity (PA) and individuals’ physical (i.e., musculoskeletal health and function, diabetes, cardiovascular disease...) and psychological (i.e., depression, anxiety...) well-being have been highlighted in many different studies^{5,6}. The evidence backing up the starring role of PA in the prevention and supervision of chronic diseases has helped move forward the public health agenda with the goal of improving individuals’ quality of life and society healthcare system’s cost-effectiveness^{7,8}. Unfortunately, recent systematic reviews have pointed out that there is a global pandemic of physical inactivity⁹. Furthermore, the negative trend between 2001 and 2016 increased more in high-income western countries to reach 31% of their population, and in women, who reached a high 42% in Latin America and the Caribbean¹⁰. The World Health Organization¹¹ recommends 150 minutes/week of moderate intensity PA (MPA) or 75 minutes/week of vigorous intensity (VPA) or a combination of both, and it believes that “these recommendations can still be achieved even

at home, with no special equipment, and limited space”. Is this possible under the COVID-19 shelter-at-home mandatory health order in Spain?

Articles published on the COVID-19 crisis have focused on vicarious traumatization¹² or psychological effects¹³. Very little is known about their side-effects like the compulsory shelter-at-home health order issued in Spain. Based on the aforementioned, the goal of this study was to assess Spanish citizens’ PA practice at the end of the first week of confinement. The first hypothesis was that it will be below WHO recommendations. The second hypothesis was that it will be different depending on the individual’s living conditions.

Material y method

Participants

The present study is descriptive in nature, based on an on-line questionnaire conducted on Friday, April 21st 2020, seven days after the compulsory Shelter-at-Home health order was issued by the Spanish Government. A total of 1858 Spanish citizens, 674 males and 1184 females (M = 40.18, SD = 15.84, age range 16-82 years) from all regions in Spain agreed to participate.

Procedure

First, permission to conduct the study was obtained from the researchers’ State Ethics Research Committee (no 2020.165). Second, the research team developed an on-line questionnaire to obtain the needed information. Third, it was distributed via e-mail, WhatsApp, Twitter, Facebook and newspapers. In the first page of the questionnaire, participants were informed that it was completely anonymous, and that they could “stop and exit the questionnaire at any time if you feel emotional discomfort, because participation is voluntary”. The STROBE guidelines for reporting observational studies were followed¹⁴.

Instruments

The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)¹⁵. This tool was designed to assess physical activity (including inactivity) at a cross-national level. The IPAQ has shown sensible measurement properties for the analysis of individuals’ physical activity levels between 15 and 65 years of age¹⁶. In this study, the short version of the questionnaire, 7-day recall, was used¹⁷. According to Silsbury, Goldsmith and Rushton¹⁸ the IPAQ-7 is “the most appropriate outcome measure for clinical and research use, as it has excellent reliability and moderate correlation with Accelerometry. The short version makes it efficient for clinicians, also making it more cost-effective”. The Spanish validated version was obtained from www.ipaq.ki.se. It provides information on the time the individual spends in three physical activity intensity levels (walking, moderate and vigorous), and in sedentary activities. The Metabolic Equivalent of Task (MET) was used to indicate physical activity intensity. It represents 3.5 mlO₂/kg.min⁻¹ (energy needed for the basal metabolic rate), and it was grouped in three levels: a) Light (1.6-2.9 METs), b) Moderate (3 – 5.9 METs), and c) High (≥ 6 METs)¹⁹.

Anthropometric parameters. Participants' height, current weight and weight before the compulsory shelter-at-home health order were requested. Based on this information, individual's body mass index was calculated using the following formula: weight (kg) / [height (m)]² and these categories: underweight < 18.5, normal weight: 18.5-24.9, overweight: 25.0-29.9, and obese: ≥30.0²⁰.

Sociometric information. To obtain a global picture of each individual's isolated context, additional questions were included in the study's questionnaire: How many days have you been shelter-at home? Have you been out on the streets? For what reason? How many square meters does the house where you are living have? Can you step out to a terrace/balcony? Can you step out to a porch/backyard? How many people are currently living in the house, including you?

COVID-19 information. To gather information on the coronavirus pandemic, these questions were included: have you tested positive for COVID-19? Are you living with someone who has tested positive for COVID-19? Do you live with someone diagnosed with a COVID-19 risk condition or related disease? Do you live with any dependent person?

Data analyses

All data were analysed using SPSS version 24.0 (IBM Co. LTD, Chicago, IL, USA). Initial analyses showed that data was not normally distributed. Therefore, non-parametric statistics were used. The Mann-Whitney U test was used to assess group differences. Results included size (n) and frequency (%) for categorical variables. Results were considered significant at *p* < 0.05.

Results

Table 1 shows global results on VPA, MPA, LPA and METs, and individuals who met WHO recommendations of PA weekly practice (VPA, MPA and MVPA) during the compulsory shelter-at-home health order issued in Spain. Globally, participants were far from meeting the recommended 75 minutes/week of VPA, 150 minutes/week of MPA or a combination (MVPA). Based on gender, data showed that only 30% of males and 21.7% of females met the VPA recommendation, 24.9% and 20.9%, respectively,

the MPA recommendation, and these numbers increased to 40.9% and 32.5% for those who reached the minimal amount of MVPA weekly.

Table 2 shows means of all the variables assessed, grouped according to PA practice. Regarding VPA, results in males were significantly higher than females, and they, as average (some scored high and others low), met WHO recommendations for weekly PA practice. VPA levels significantly decreased with age, and it was significantly lower in overweight and obese individuals and those who had lost weight during the confinement. It was significantly higher in those who did not have a dependent person in their homes and those who had been out on the streets during the confinement. Finally, the context where the individuals were enclosed was important, because VPA significantly increased in larger houses, in those with a backyard and among large families (≥5 family members). Regarding MPA, it was significantly higher in males, in older individuals, in those who had lost weight, participants who had been in confinement for a longer time (≥8 days), those who had been on the streets, and those in larger houses, who had a balcony or a backyard. Finally, light PA (LPA) was significantly higher in females, in individuals over 40 years of age, in those who lost weight, in those who lived with a dependent person, and in larger houses with a backyard.

On the other hand, data obtained from those individuals who tested positive on Coronavirus or had someone in the house tested positive were included in Table 2, but they cannot be considered conclusive, because the number of subjects were extremely low. Results should be placed "on hold" until more data are obtained.

Discussion

The goal of this study was to assess Spanish citizens' PA practice at the end of the first week of confinement. Global results showed that the vast majority of the population was below WHO recommendations for VPA, MPA or a combination¹¹. Moreover, PA practice was dependent on personal factors such as gender, age or weight, but also contextual factors such as living with a dependent person or the type of house.

The first hypothesis was that participants' physical activity would be below WHO recommendations¹¹ and results confirmed it. Globally, Spanish citizens confined in their houses were far from the recommended

Table 1. Physical activity during confinement.

	n	%	VPA	MPA	LPA	METs
Global results	1858	100	61.42	98.20	336.13	1967.75
VPA recommendations met						
Males	199	29.5	230.39	155.92	311.09	3423.84
Females	255	21.5	213.33	146.67	633.82	3372.47
MPA recommendations met						
Males	168	24.9	122.37	325.06	453.42	3770.27
Females	247	20.9	114.82	312.88	555.58	3982.91
MVPA recommendations met						
Males	276	40.9	159.06	224.13	346.93	3311.94
Females	385	32.5	136.61	225.98	442.63	3443.98

N: number; %: percentage; VPA: Vigorous Physical Activity; MPA: Moderate Physical Activity; MVPA: Moderate-to-Vigorous Physical Activity.

Table 2. Variables under study regarding Vigorous Physical Activity (VPA), Moderate Physical Activity (MPA), Light Physical Activity (LPA) and METs.

	n	%	VPA	MPA	LPA	METs
Gender						
Male	674	36.3	76.30 ^a	108.19 ^a	259.75 ^a	1854.58 ^a
Female	1184	63.7	52.98 ^b	92.20 ^b	379.93 ^b	2032.28 ^a
Age						
<25	474	25.5	90.58 ^a	97.71 ^a	243.28 ^a	1908.05 ^a
25-39	418	22.5	62.60 ^b	85.28 ^b	287.30 ^a	1768.52 ^a
40-54	551	29.0	51.64 ^c	101.53 ^c	381.59 ^b	2039.29 ^a
>54	415	22.3	38.96 ^d	107.38 ^c	431.33 ^b	214.89 ^a
BMI						
Underweight	69	3.7	64.85 ^{ab}	66.50 ^a	443.35 ^a	2229.47 ^a
Normal weight	1064	56.9	71.47 ^b	101.01 ^a	327.34 ^a	2021.43 ^a
Overweight	471	25.0	46.94 ^a	95.44 ^a	334.33 ^a	1845.12 ^b
Obese	173	9.5	40.52 ^a	101.15 ^a	346.27 ^a	1865.25 ^b
Weight difference						
Increased > 1kg	94	5.1	49.74 ^a	71.96 ^a	205.32 ^a	1341.79 ^a
Increased 1kg - 0.1kg	299	16.0	53.23 ^a	77.16 ^{ab}	293.82 ^a	1677.97 ^b
No difference	1008	54.4	57.74 ^a	104.90 ^b	355.84 ^b	2039.71 ^c
Decreased 0.1kg-1kg	203	10.9	86.96 ^b	101.94 ^b	290.30 ^a	2056.21 ^c
Decreased > 1 kg	114	6.1	94.99 ^b	119.48 ^b	426.84 ^b	2477.46 ^c
Coronavirus tested						
Negative	1852	99.7	61.55 ^a	98.32 ^a	336.83 ^a	1971.00 ^a
Positive	6	.3	20.00 ^b	13.33 ^b	47.50 ^b	370.08 ^b
Someone Corona positive						
No	1852	99.7	61.56 ^a	98.26 ^a	333.96 ^a	2219.65 ^a
Yes	5	.3	8.00 ^b	50.00 ^b	75.00 ^b	511.50 ^b
Someone at risk						
No	1392	74.9	62.09 ^a	97.08 ^a	323.76 ^a	1960.54 ^a
Yes	466	25.1	59.41 ^a	101.53 ^a	338.20 ^a	1989.46 ^a
Living with dependent						
No	1645	88.5	63.71 ^a	97.08 ^a	323.76 ^a	1960.54 ^a
Yes	213	11.5	43.72 ^b	101.53 ^a	338.20 ^b	1989.46 ^a
Days shelter-at-home						
5 days	611	34.0	60.42 ^a	103.04 ^a	334.52 ^a	1973.09 ^a
6 days	594	32.0	64.50 ^a	95.59 ^a	337.39 ^a	2006.37 ^a
7 days	434	23.4	60.95 ^a	99.76 ^a	348.22 ^a	2031.23 ^a
8 or more days	197	10.6	56.50 ^a	75.61 ^b	292.65 ^a	1637.19 ^a
Out on the streets?						
No	357	19.2	47.34 ^a	73.57 ^a	330.81 ^a	1738.85 ^a
Yes	1501	80.8	64.77 ^b	104.05 ^b	337.38 ^a	2022.20 ^b
House size in M ²						
<70	445	24.0	54.05 ^a	86.95 ^a	297.43 ^a	1761.11 ^a
70-90	522	28.1	61.12 ^{ab}	89.58 ^a	301.34 ^a	1780.25 ^a
91-120	391	21.0	58.78 ^{ab}	109.92 ^b	333.87 ^{ab}	2000.47 ^b
>120	410	22.1	67.69 ^b	108.25 ^b	408.33 ^b	2291.17 ^c
Do you have a balcony?						
No	815	43.9	59.80 ^a	88.23 ^a	310.86 ^a	1840.55 ^a
Yes	1043	56.1	62.68 ^a	105.99 ^b	355.89 ^b	2067.32 ^b
Do you have a backyard?						
No	1409	75.8	58.02 ^a	91.39 ^a	309.44 ^a	1840.88 ^a
Yes	449	24.2	72.05 ^b	119.67 ^b	419.90 ^b	2367.61 ^b
People in the house?						
1	202	10.9	57.61 ^a	110.44 ^a	306.71 ^a	1886.60 ^a
2	502	27.0	57.13 ^a	99.78 ^a	317.16 ^a	1876.81 ^a
3	503	27.1	66.71 ^{ab}	97.62 ^a	361.87 ^a	2099.12 ^a
4	497	26.7	59.76 ^{ab}	91.56 ^a	333.65 ^a	1910.14 ^a
≥5	153	8.2	68.87 ^b	100.48 ^a	362.94 ^a	2141.41 ^a

^{a,b,c,d}: Different superscripts in the same column show statistically significant differences at $p < 0.050$; M²: Squared meters; PA: physical activity.

75 minutes/week of VPA, 150 minutes/week of MPA or a combination. Roughly, less than 1/3 of males and 1/5 of females met these criteria, which slightly increased when considering MVPA scores (combination). However, a vast majority were not able to meet the recommendations. Insufficient PA has been considered a prominent risk factor for non-communicable diseases (i.e., diabetes, strokes, osteoporosis...), mental health (i.e., anxiety, depression, mood disorders...) and, consequently, poor quality of life¹⁰. Results showed that Spanish citizens confined in their houses for a week were not exercising as much as needed and this could be considered a serious health risk factor. Experts have warned that mandatory shelter-at-home health orders like the ones issued in many different countries due to COVID-19 could be repeated in the future. Therefore, national authorities should consider the findings from the present study to prevent citizens from putting their health at jeopardy while in confinement. In the Spanish case, citizens had less than 24 hours to prepare for the self-quarantine. Clearly insufficient to collect the needed resources to exercise at home. More time and adequate training and materials are needed.

The second hypothesis was that participants' physical activity would be different depending on the individual's living conditions and results confirmed it. Living with a dependent person, the size and type of house and the number of individuals in the house significantly affected participants' PA practice. Those living with a dependent person had significantly lower VPA and higher LPA, since he/she demands specific care that requires time and energy, deriving it from PA. This is in line with previous studies, which found that physical inactivity is usually high among caregivers²¹. On the other hand, larger houses, balconies and backyards were linked to higher PA, since individuals probably had more space and better conditions to exercise. Linked to housing, larger number of individuals living in the same house was also connected with higher VPA. Large families tend to live in bigger houses with more room for exercise. To our knowledge, this is the first study to assess the associations between housing conditions and PA. Previous researchers studied the influence of the neighbourhood social environment²², but not the inside of the homes. Results from the present study suggest that houses design can promote or reduce inhabitants' PA, and it should be considered.

In conclusion, the shelter-at-home health order issued by the Spanish Government prevented that vast majority of individual from meeting the WHO recommendations of VPA and MPA with all the health-derived consequences. Individuals' weekly practice was dependent on personal factors such as gender, age or weight, but also contextual factors such as living with a dependent person or the type of house. Situations like this one could be repeated in the future, and national authorities should consider the findings from the present study to prevent citizens from putting their health at jeopardy withstanding a quarantine at home.

The present study is not without limitations. The first one is that data is preliminary and the second one is the use of self-reported PA measures. However, there is a need to understand as fast as possible this Public Health Emergency and its impact on human behaviour.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Brooks SK, Webster RK, Smith LE, Woodland L, Wessely S, Greenberg N, et al. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. *Lancet*. 2019;395:912-20.
- Haney C. *The psychological effects of solitary confinement: A systematic critique*. Chicago: The University of Chicago Press; 2018.
- Abel N, MacDonald-Nethercott E, Piacentini MF, Meeusen R, Kleinert J, Strueder HK, et al. Exercise in Isolation- A Countermeasure for Electrocardiac, Mental and Cognitive Impairments. *PLoS ONE*. 2015;10:e0126356. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126356>
- Yuan M, Custaud M-A, Xu Z, Wang J, Yuan M, Tafforn C, et al. Multi-System Adaptation to Confinement During the 180-Day Controlled Ecological Life Support System (CELSS) Experiment. *Front. Physiol*. 2019;10:575-86. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00575>
- Bize R, Johnson J, Plotnikoff R. Physical activity level and health-related quality of life in the general adult population: a systematic review. *Prev Med*. 2007;45:401-15.
- Sallis JF, Bull F, Guthold R, Heath GW, Inoue S, Kelly P, et al. Progress in physical activity over the Olympic quadrennium. *Lancet*. 2016;388:1325-36.
- Haskell W. Physical activity by self-report: a brief history and future issues. *J Phys Act Health*. 2012;9:55-10.
- Moore A, Jull G. Physical activity/exercise—what does it mean to students, clinicians, patients and researchers. *Man Ther*. 2012;17:99.
- Althoff T, Sosič R, Hicks JL, King AC, Delp SL, Leskovec J. Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality. *Nature*. 2017;547:336-9.
- Guthold R, Stevens, GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Health*. 2018;6:1077-86.
- World Health Organization (WHO). Stay physically active during self-quarantine. 2020. [accessed 1/03/2020]. Available from: http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/novel-coronavirus-2019-ncov-technical-guidance/stay-physically-active-during-self-quarantine/_recache#article
- Li Z, Ge J, Yang M, Feng J, Qiao M, Jiang R, et al. Vicarious traumatization in the general public, members, and non-members of medical teams aiding in COVID-19 control. *Brain Behav Immun*. 2020;88:916-9. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.03.007>
- Cao W, Fang Z, Hou G, Han M, Xu X, Dong J, et al. The psychological impact of the COVID-19 epidemic on college students in China. *Psychiatry Res*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.112934>
- Vandenbroucke JP, von Elm E, Altman DG, Gøtzsche PC, Mulrow CD, Pocock SJ, et al. STROBE Initiative. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): explanation and elaboration. *Epidemiology*. 2007;18(6):805-35. PMID: 18049195.
- Booth ML. Assessment of Physical Activity: An International Perspective. *Res Q Exerc Sport*. 2000;71:114-20.
- Hagstromer M, Oja P, Sjostrom M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): A study of concurrent and construct validity. *Public Health Nut*. 2006;9:755-62.
- Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE. The IPAQ Consensus Group and the IPAQ Reliability and Validity Study Group. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:1381-95.
- Silbury Z, Goldsmith R, Rushton A. Systematic review of the measurement properties of self-report physical activity questionnaires in healthy adult populations. *BMJ Open*. 2015;5:e008430. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008430>
- Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett Jr DR, Tudor-Locke C, et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:1575-81.
- Centers for Disease Control Prevention: CDC. 2017. [accessed 10/03/2020]. Available from: https://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html
- Marquez DX, Bustamante EE, Kozey-Keadle S, Kraemer S, Carrión, I. Physical Activity and Psychosocial and Mental Health of Older Caregivers and Non-Caregivers. *Ger Nurs*. 2012;33:358-65.
- Kepper, MM, Myers, CA, Denstel, KD, Hunter, RF, Guan, W, and Broyles, ST. The neighborhood social environment and physical activity: a systematic scoping review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2019;16:124-36. <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0873-7>.

Comparison of intensity and post-effort response in three interval trainings in young tennis players: running interval, specific interval, and specific intermittent training

David Suárez-Rodríguez¹, Miguel del Valle²

¹Universidad Isabel I. Burgos. ²Universidad de Oviedo.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00025

Recibido: 15/05/2020
Aceptado: 01/12/2020

Summary

Introduction: In recent years, considerable interest has been shown in adapting training to the specific characteristics of tennis. The use of intermittent exercise seems to adapt better to the sport's work/recovery structure and using specific movements allows for local adaptations and complex work. Nevertheless, we need to achieve a level of intensity that is at least similar to what is achieved when continuous running is used. The ability to recover between points is also a decisive factor in terms of performance. Our hypothesis is that recovery depends on stimulus type, which means the most suitable stimuli must be chosen to improve this capacity.

Material and method: Our study's goal was to compare the intensity and post-effort behaviour triggered by three types of exercise: continuous running with 2-minute intervals (GIT), rallies with 2-minute intervals (SIT) and intermittent rallies (SIIT). We measured heart rate (HR) and blood lactate levels during the three exercises, as well as the recovery to 130 beats and in the first 10 and 20 seconds post-effort.

Results: Heart rate intensity was significantly higher in SIT than in GIT and lactate levels were higher in both SIT and SIIT compared to GIT. Heart rate recovery is significantly slower in both specific exercises, increasing in the first 10 and 20 seconds with SIIT.

Discussion: We have reached the conclusion that specific training led to greater intensity in the specific exercises. Post-effort response is slower in the specific trainings and paradoxical in the initial seconds of intermittent training

Key words:
Tennis. Specific training.
High intensity.
Intermittent. Recovery.

Comparación de la intensidad y la respuesta post-esfuerzo en tres entrenamientos interválicos en jóvenes tenistas: interválico de carrera, interválico específico e intermitente específico

Resumen

Introducción: En los últimos años se ha producido un gran interés por adaptar el entrenamiento a la especificidad del tenis. El uso de ejercicios intermitentes parece adaptarse más a la estructura de trabajo/recuperación de este deporte que las actividades continuas. A su vez, utilizar movimientos específicos permite adaptaciones locales y trabajar de forma compleja. Sin embargo, se necesita alcanzar un nivel de intensidad que sea al menos similar al que se logra cuando se utiliza la carrera continua. La capacidad de recuperar entre puntos es un factor decisivo en el rendimiento. Nuestra hipótesis es que la recuperación puede ser diferente según sea el tipo de estímulo y que habrá que escoger los más adecuados para mejorar esta capacidad. No obstante, es necesario que estos entrenamientos tengan una intensidad al menos similar a cuando se utiliza la carrera continua.

Material y método: Nuestro objetivo en este estudio es comparar la intensidad y el comportamiento post-esfuerzo de tres ejercicios: carrera continua con intervalos de 2 minutos (GIT), golpeo de bolas con intervalos de 2 minutos (SIT), golpeo de bolas con intermitencias (SIIT). Hemos medido la HR y el lactato durante los tres ejercicios y la recuperación a 130 pulsaciones, y en los 10 y 20 segundos post-esfuerzo.

Resultados: La intensidad cardiaca fue significativamente mayor en SIT que en GIT, y el lactato superior en SIT y SIIT, respecto a GIT. La recuperación cardiaca es significativamente más lenta en ambos ejercicios específicos, llegando a incrementarse en los 10 y 20 segundos iniciales en SIIT.

Discusión: Concluimos que con el entrenamiento específico se ha alcanzado una elevada intensidad en los trabajos específicos. La respuesta post-esfuerzo es más lenta en los entrenamientos específicos, y paradójica en los primeros segundos en el entrenamiento intermitente.

Palabras clave:
Tenis. Específico. Intensidad.
Recuperación.
Interválico. Intermitente.

Correspondencia: David Suárez-Rodríguez
E-mail: davidefd@outlook.com

Introduction

The ability to change direction at speed is essential to performance in sports such as tennis¹. The ability to undertake a number of actions at a high rate of intensity depends on different factors such as explosive strength² and an optimum aerobic level^{3,4}. It is therefore interesting to understand the characteristics of different methods of high intensity training in order to ensure improved performance, taking into consideration the duration and intensity of the training and whether motor action is specific or general.

In recent years, studies of specific types of exercises in team sports⁵⁻⁷ and in tennis⁸ have been undertaken, in which high levels of intensity have been identified.

Recovery between specific actions shows highly variable behaviour among sportspeople. Even in sportspeople with a similar level of cardiorespiratory resistance, recovery between intermittent actions appears in very different ways⁹.

Monitoring heart rate reduction is a suitable way of measuring an athlete's fitness, while it will also show us if there is positive adaptation to the type of effort, which means training must consider the kind of load created by the characteristics of each different sport⁹.

Blood lactate measuring will provide us with data regarding glycolytic participation and the different disposal dynamic, according to the characteristics of the effort.

Therefore, it is of great interest to study the different specific tennis-based exercises and their intensity, but also the analysis of the recovery stages could be specially relevant to deepen in a training method that is better suited to the needs of this sport.

Material and method

Participants

The sample consisted of 13 healthy male tennis players. The average age was 17 ± 2 years, the average height 176.5 ± 4.4 cm and the average mass 69.5 ± 3.4 kg. Weekly training hours and years of play were 12 ± 2 h/week and 7 ± 3 years, respectively. All subjects provided their consent at the beginning of the research.

Players frequently play in national level tournaments and each one undergoes an extended pre-season training period of 3 months. They are used to general running-based continuous and interval training.

Design and Procedures

Before carrying out the study, a Conconi test was undertaken using an ergometrics test in the laboratory to obtain each subject's maximum heart rate. The ergometric values were taken at 18:00 hours on different days and the subjects were told not to undertake any intense effort during the previous 24 hours or eat any food in the 2 hours before the values were registered. The test consisted of a progression run with a constant 5% gradient at an initial speed of 5 km/h, increasing by 1 km/h every minute.

The experimental study was carried out at the Asturias Regional Sports Centre (*Centro Regional de Deportes del Principado de Asturias*)

during the pre-season period. Running tests were undertaken on a regulation-size grass football field. Specific tennis tests were undertaken on medium-speed synthetic resin tennis courts.

Three test protocols were designed:

- Running interval training: General Interval Training (GIT).
- Interval stroke-based training: Specific Interval Training (SIT).
- Intermittent interval stroke-based training: Specific Intermittent Interval Training (SIIT).

The exercises were carried out over the space of two weeks: first, the running work; then, the stroke-based exercises; and finally, the intermittent stroke-based exercises. Each athlete undertook three tests per week with 72 hours' rest between each test.

Test protocols

- *GIT*. Running at a 90% subjective intensity rate, made up of 3 sets of 3 repetitions, with 130-beat recovery between repetitions and at 120 beats between sets for being a heart rate commonly used in interval training.

Before the exercise, the players warmed up with a gentle, continuous 10-minute run.

- *SIT*. This exercise used the same structure (3x3x2 minutes) and recovery patterns and were based on forehand and backhand strokes, on both sides of the court (from sideline to sideline) as cross-shots, behind the service box. Movement and shot rate was a 90% subjective intensity, set by the player. To do this, the trainer threw the ball with their hand into the area surrounding the sidelines.
- *SIIT*. This exercise used the same structure of work and recovery between repetitions and sets. Nevertheless, micro-intervals of work and recovery were undertaken in each repetition in the following way: 20-second rally, 20-second recovery, 20-second rally and subsequently 15-second intermittences until the 2-minute period was completed. Interval times were varied to facilitate the initial elevation of HR and to adjust more to the variability of tennis.

Once again, the trainer threw the ball at the rate set by the player, hitting with the forehand and backhand and returning to the centre of the court. The recovery intermittence phases were always passive.

As a warm-up for both specific exercises, players undertook a gentle 10-minute rally.

The same monitoring approach was used for the three tests. Polar heart rate monitors were used (Polar RS400 Finland), registering heart rate data at all times. Blood lactate levels were measured with portable analysers Lactate Pro 2 (Arkay, Japan). Blood samples were taken in the ear, at the end of the three sets and 3 minutes after completing the test, taking a sample volume of approximately 0,3 ml, in order to evaluate lactate levels and recovery.

All the data were subsequently organised, analysed and evaluated.

Statistical Analysis

The two-tailed t-test was used for comparing sample averages, analysing the null hypothesis that the averages are the same compared with the alternative that they are not. With a p-value of 0.05 or lower, a significance level of 95% is achieved.

Results

Heart Rate

A more intense heart rate was achieved in the two specific trainings, with a significant difference in SIT compared to GIT (0.0484) (Table 1). No statistically significant differences were found between the specific exercises (≥ 0.05), with similar behaviour between the total values and when comparing the different sets.

Lactate

On completing the exercise, it can be seen that lactate levels are significantly higher in SIT and SIIT than in GIT (Table 2). There is also a significant difference in the first set of exercises, with SIT-SIIT > GIT, indicating greater intensity from the very first repetitions of the specific training exercises. There are no differences between the specific play-based exercises.

Recovery heart rate

Recovery in the running-based efforts was faster than in the play-based exercises in all three sets, with 130 beats achieved sooner than in the specific tennis-based efforts (GIT > SIT-SIIT).

As for recoveries in the initial seconds, significant differences can be seen, with swifter reduction in the running-based exercises compared to the play-based ones. HR reduction is also greater between the specific non-intermittent exercises compared to those involving intermittent work and recovery (GIT > SIT, and GIT-SIT > SIIT) (Table 3).

Table 1. Average rates of maximum individual HR as a reference parameter. Average HR and percentage from maximum HR as a benchmark.

	GIT	SIT	SIIT
Maximum individual HR (bits)	198.69	198.69	198.69
Average HR (bits / %)	172.02 / 86.57	180.59 / 90.89	177.87 / 89.52

HR: SIT > GIT 0.0484.
GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training.

Table 2. Lactate averages in mMol/l in sets 1, 2 and 3 in the three types of training.

	GIT	SIT	SIIT
Set 1	4.86	7.04	6.97
Set 2	6.68	6.74	7.46
Set 3	6.63	8.02	8.07

Lact: SIT Set 3 > GIT Set 3 0.0215 / SIIT Set 3 > GIT Set 3 0.0503.
SIT Set 1 > GIT Set 1 0.0011 / SIIT Set 1 > GIT Set 1 0.0101.
GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training.

Table 3. Average time invested in recovery to 130 beats (Recovery 130). Reduce beats in the first 10 and 20 seconds post-effort (Recovery 10 seconds, Recovery 20 seconds).

	GIT	SIT	SIIT
Recovery 130 bits (seconds)	56.36	86.55	76.54
Recovery 10 seconds (seconds)	-5.25	-1.95	1.22
Recovery 20 seconds (seconds)	-13.96	-7.34	-3.06

Recovery 130 beats. GIT > SIT 0.0000 / GIT > SIIT 0.0027
Recovery 10 seconds. GIT > SIT 0.0003 / GIT > SIIT 0.0000 / SIT > SIIT 0.0035
Recovery 20 seconds. GIT > SIT 0.0010 / GIT > SIIT 0.0000 / SIT > SIIT 0.0102
GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training.

Table 4. Lactate average in mmol/l 3 minutes post-effort and the reduction rate between end values and 3-minute post-effort levels.

	GIT	SIT	SIIT
Lactate averages after 3 minutes (mMol)	4.26	5.87	6.70
Reduction rate (mMol)	2.37	2.15	1.37

Recovery lactate. GIT > SIIT 0.0010.
GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training.

Recovery lactate

After three minutes of recovery, significantly lower values were provided with GIT than with SIIT (Table 4). Nevertheless, when the reduction rates or the fall in blood lactate levels are viewed by comparing the end values to those found 3 minutes after, they are not significant, although they are greater in the running-based training (Table 4 and annexed Table 2).

Discussion

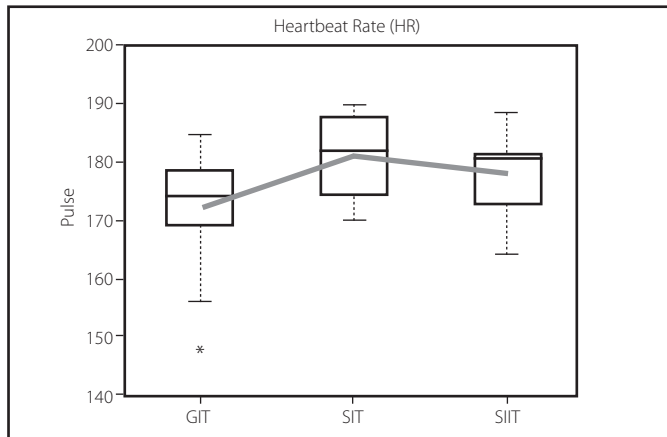
HR Intensity

In our study, the specific tennis-based exercises showed higher HRs compared to the general continuous running exercises (Figure 1), which may be down to the type of movements undertaken (lateral movement, acceleration and deceleration, which all involve constant explosive actions and eccentric tensions). SIT showed a significantly greater HR intensity than GIT. Dellal *et al.*¹⁰ observed in a study with 10 professional footballers using high-intensity intermittent exercises (30:30, 20:20 and 15:15) that specific actions are more glycolytic and show that accelerations and decelerations lead to the higher participation of glycolytic pathways, with higher HR and lactate values.

Lactate intensity

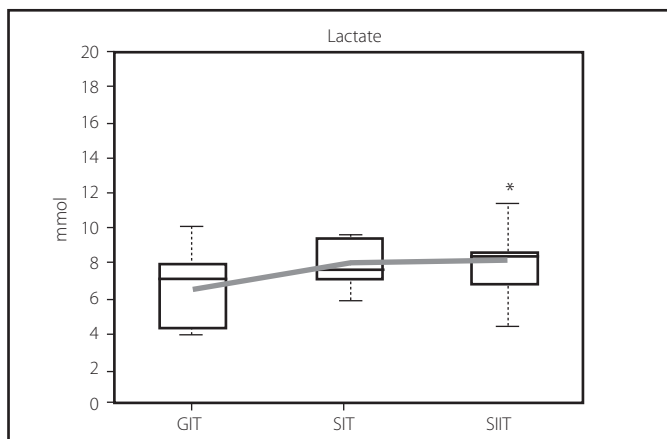
Lactate behaviour is very similar in SIT and SIIT. Nevertheless, significantly higher values are shown between the two types of specific training and the general training exercise (Figure 2). The non-significant difference in heart rate between SIIT and GIT accompanied by significant lactate levels may indicate increased participation of fast twitch muscle

Figure 1. Distribution of individuals' average HR for GIT, SIT and SIIT.



GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training. The box shows the dispersion of the sample, defined by the 25th (lower limit) and 75th (upper limit) percentiles; the red line defines the median and the black lines the upper and lower limits, outside of which values are considered to be outliers. These are marked with red crosses.

Figure 2. Distribution of individuals' lactate levels in GIT, SIT and SIIT.



GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training. The box shows the dispersion of the sample, defined by the 25th (lower limit) and 75th (upper limit) percentiles; the red line defines the median and the black lines the upper and lower limits, outside of which values are considered to be outliers. These are marked with red crosses.

fibres in intermittent training. Protocols involving intermittent work with very short periods of work and recovery may increase the engagement of fast twitch muscle fibres¹¹. As in our study, Zouhal *et al.*¹² found higher HR and lactate values in specific football-related efforts compared with high intensity short interval running exercises (15:15).

Heart rate recovery

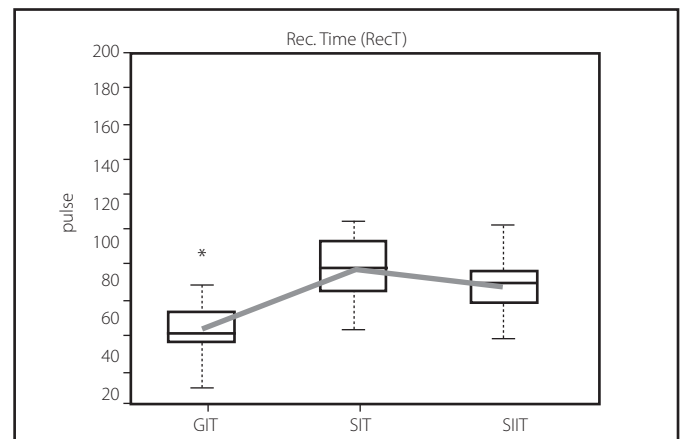
In intermittent sports such as tennis, optimum recovery between points is decisive. Greater engagement of fast twitch muscle fibres and anaerobic participation leads to sympathetic activation^{13,14}.

We have observed different behaviour in the specific exercises, with slower post-effort recovery (Figure 3). The delay in recovery in SIT compared to GIT may be explained by increased intensity. Nevertheless, intensity in SIIT was not significantly greater, which means that the explanation may lie in the dynamic of the actions, with the increased participation of fast twitch fibres and higher blood lactate concentrations.

When work is intermittent and high intensity, a delay in heart rate activation may be caused in response to the motor action, along with a stage of maximum HR in the initial seconds of recovery¹⁵.

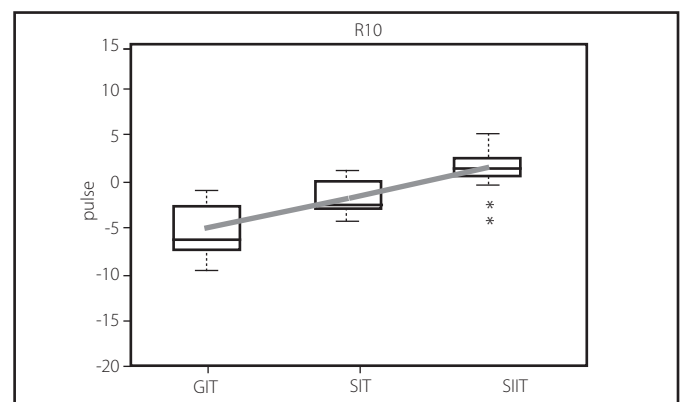
In our study, the response 10 and 20 seconds post-effort was significantly slower in SIIT than in SIT (Figures 4 and 5), showing a post-effort increase in HR. For Hamar *et al.*¹⁶, when work is short and intense, heart rate does not show sudden changes but is slightly higher during the initial seconds of rest.

Figure 3. Distribution of 130-beat recovery for GIT, SIT and SIIT.



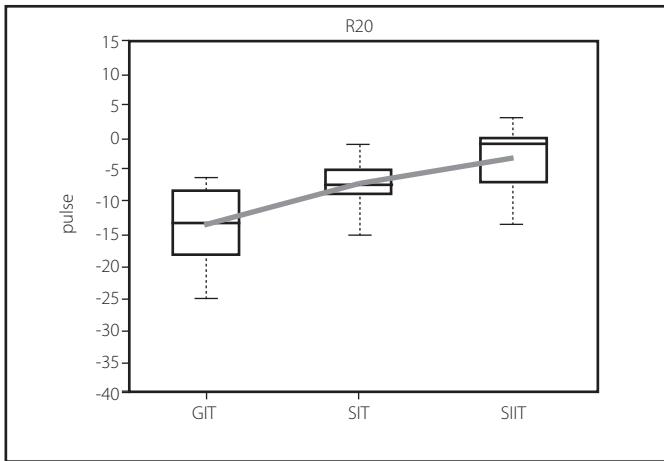
GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training. The box shows the dispersion of the sample, defined by the 25th (lower limit) and 75th (upper limit) percentiles; the red line defines the median and the black lines the upper and lower limits, outside of which values are considered to be outliers. These are marked with red crosses.

Figure 4. Distribution of recovery 10 (R10) seconds later for GIT, SIT and SIIT.



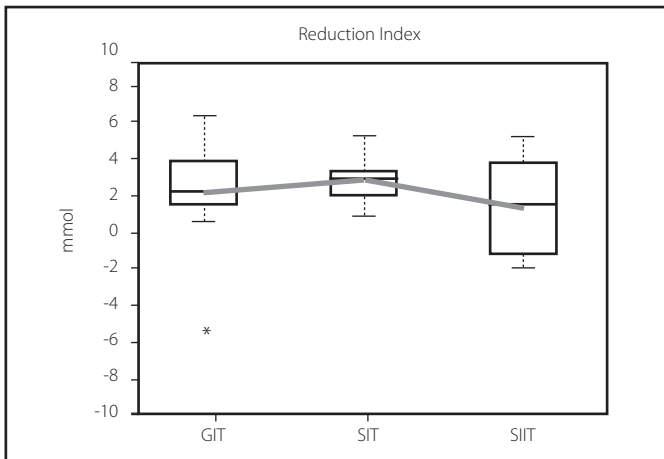
GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training. The box shows the dispersion of the sample, defined by the 25th (lower limit) and 75th (upper limit) percentiles; the red line defines the median and the black lines the upper and lower limits, outside of which values are considered to be outliers. These are marked with red crosses.

Figure 5. Distribution of recovery 20 (R20) seconds later for GIT, SIT and SIIT.



GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training. The box shows the dispersion of the sample, defined by the 25th (lower limit) and 75th (upper limit) percentiles; the red line defines the median and the black lines the upper and lower limits, outside of which values are considered to be outliers. These are marked with red crosses.

Figure 6. Distribution of lactate recovery. Difference between final lactate and lactate after 3 minutes (Reduction Rate) for GIT, SIT and SIIT.



GIT: General Interval Training; SIT: Specific Interval Training; SIIT: Specific Intermittent Interval Training. The box shows the dispersion of the sample, defined by the 25th (lower limit) and 75th (upper limit) percentiles; the red line defines the median and the black lines the upper and lower limits, outside of which values are considered to be outliers. These are marked with red crosses.

Different behaviour can be seen at the 130-beat recovery stage compared to the initial post-effort stages. The immediate response after concluding the exercise is clearly different in SIIT, with an increase during the initial 10 and 20 seconds, constituting paradoxical behaviour. The mechanisms used in post-effort recovery are different in the initial seconds with the deactivation of the sympathetic system, compared with the period after recovery, which depends on the activation of the parasympathetic system¹⁷.

The choice of one type of work or another will be decisive in improving recovery between points (a maximum of 20-25 seconds in a match), which, in many cases, is decisive in tennis.

Lactate recovery

As far as lactate recovery is concerned, the differences are not so clear. While measurements after 3 minutes are significantly lower in SIIT compared with GIT, when the reduction between post-effort measurement and measurement after 3 minutes is taken into account (reduction rate), the difference is not significant. Nevertheless, lower values can be seen in the reduction rate in both specific types of exercise and especially in SIIT (Figure 6). This less significant drop in lactate concentration levels may be down to the increased participation of the glycolytic fibres¹¹ and a more local activation with a more gradual presence of lactate in the lactacidemia measurements.

The different behaviour both in terms of heart rate and lactate level recovery in intermittent tennis-based exercises, could be explained by a greater muscle mass involved and a more intense eccentric work. The study shows that this type of training can act specifically on the short rest periods that occur during a tennis match.

Conclusion

In our study, players have registered higher HR and blood lactate values in specific efforts, related to increased intensity of work. Specific tennis-based efforts show slower recovery compared to general running exercises. Specific intermittent training has shown paradoxical behaviour in the initial seconds of recovery, with a raised HR in the first 10 and 20 seconds. Consequently, specific training allows for work to be undertaken at sufficiently high levels of intensity so as to allow for maximum training of aerobic potential. Specific intermittent training allows for high intensity complex training, with action affecting the immediate recovery mechanisms that are so decisive for tennis players' performance.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Brughelli M, Cronin J, Levin G & Chaouachi A. Understanding Change of Direction Ability in Sport: A Review of Resistance Training Studies. *Sports Med.* 2008;38:1045-63.
- Stojanovic MD, Ostojic SM, Calleja-González J, Milosevic Z & Mikic M. Correlation between explosive strength aerobic power and repeated sprint ability in elite basketball players. *J Sports Med & Phys Fit.* 2012;52:375-81.
- Bishop D, Edge J & Goodman C. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92:540-7.
- Bishop D & Spencer M. Determinants of repeated sprint ability in well-trained team-sport and endurance-trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2004; 44:1-6.
- Hoff J, Wisloff U, Engen LC, Kemi OJ & Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med.* 2002;36:218-21.
- Kemi OJ, Hoff J, Engen LC, Helgerud J & Wisloff U. Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *J Sports Med Phys Fit.* 2003;43:139-44.
- Chamari K, Hachana Y, Kaouech F, Jeddi R, Moussa-Chamari I & Wisloff U. Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *Br J Sports Med.* 2005; 39:24-8.

8. Fernández-Fernández J, Sanz-Rivas D, Sánchez-Muñoz C, de la Aleja Tellez JG, Buchheit M & Mendez-Villanueva A. Physiological Responses to On-Court vs Running Interval Training in Competitive Tennis Players. *J Sports Sci Med*. 2011;10:540-5.
9. Haydar B, Al Haddad H, Ahmaidi S & Buchheit M. Assessing inter-effort Recovery and change of direction ability with 30-15 intermittent fitness test. *J Sports Sci Med*. 2011; 10:346-54.
10. Dellal A, Keller D, Carling Ch, Chaouachi A, Wong DelP & Chamari K. Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Con Res*. 2010;24:3219-26.
11. Belfry GR, Raymer GH, Marsh GD, Paterson DH, Thompson RT, Thomas SG. Muscle metabolic status and acid-base balance during 10-s work:5-s recovery intermittent and continuous exercise. *J Appl Physiol*. 2012.113:410-7.
12. Zouhal H, LeMoal E, Wong DP, BenOunis O, Castagna C, Duluc C, Owen AL & Drust B. Physiological Responses of General vs. Specific Aerobic Endurance Exercises in Soccer. *As J Sports Med*. 2013;4:212-20.
13. Buchheit M, Laursen PB & Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007;293:133-41.
14. Buchheit M, Al Haddad H, Millet GP, Lepretre PM, Newton M & Ahmaidi S. Cardiorespiratory and cardiac autonomic responses to 30-15 intermittent fitnesses in team sports players. *J Strength Cond Res*. 2009;3:93-100.
15. Kang J, Mangine GT, Ratamess NA, Faigenbaum AD & Hoffman JR. Influence of intensity fluctuation on exercise metabolism. *Eur J Appl Physiol*. 2007;100:253-60.
16. Hamar D, Komadel L, Tkac M & Kuthanova O. Cinética de los parámetros ventilatorios y de intercambio de gases durante el ejercicio intermitente. *Arch Med Deport*. 1989, 6:11-5.
17. Coote JH. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *ExpPhysiol*. 2009; 95:431-40.

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

Timing óptimo en la suplementación con creatina para la mejora del rendimiento deportivo

José Manuel Jurado-Castro^{1*}, Ainoa Navarrete-Pérez², Antonio Ranchal-Sánchez^{3,4}, Fernando Mata Ordóñez⁵

¹Unidad de Metabolismo e Investigación Pediátrica. Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba (IMIBIC). Hospital Universitario Reina Sofía. Universidad de Córdoba.

²Grupo de investigación Neuroplasticidad y Estrés Oxidativo. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Instituto Maimónides de Investigación biomédica de Córdoba (IMIBIC). Universidad de Córdoba.

³Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba (IMIBIC). Hospital Universitario Reina Sofía. Universidad de Córdoba.

⁴Departamento de Enfermería, Farmacología y Fisioterapia, Facultad de Medicina y Enfermería. Universidad de Córdoba.

⁵CEAN, Centro de Estudios Avanzados en Nutrición. Córdoba.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00026

Recibido: 15/05/2020

Resumen

Aceptado: 03/10/2020

Palabras clave:

Creatina. Deporte.
Suplementos dietéticos.
Rendimiento deportivo.

La creatina es un suplemento deportivo con una elevada evidencia científica sobre sus efectos en el rendimiento y con resultados emergentes en la salud, incluida la de deportistas vegetarianos y adultos mayores. El tipo de creatina y las dosis efectivas, han sido bien estudiadas presentando resultados consistentes. Sin embargo, no son muchos los estudios que han evaluado el momento de la ingesta en cuanto a su interacción con los efectos de la creatina. El objetivo de esta revisión, es analizar la diferente literatura científica existente sobre los protocolos de suplementación con creatina y su interacción con el momento de la ingesta, con el fin de evaluar si existe un efecto mayor de la dosis ergogénica considerada efectiva de creatina cuando esta es ingerida antes, después del entrenamiento o en otro momento del día. Los resultados de este trabajo presentaron diferentes tipos de protocolos y dosis en la suplementación con creatina, a pesar de ser diversos los protocolos mostrados en la literatura, el más efectivo constó de un consumo de 0,3 g/kg/d durante cinco días, seguido de un consumo de 0,03 g/kg/d consiguiendo de esta forma, una mayor reserva de PCr en el músculo esquelético. Los estudios mostraron mayores beneficios cuando la ingesta de creatina se realizó en los momentos cercanos al entreno debido al mayor flujo sanguíneo, apuntando los estudios a mejoras significativas en un consumo post-entreno, debido a que la creatina puede aumentar la formación de de glucógeno en el músculo y aumentar la sensibilidad a la insulina.

Optimal timing in creatine supplementation to improve sports performance

Summary

Creatine is a sports supplement with high scientific evidence on its effects on performance and with emerging health's results, including for vegetarian athletes and older adults. The creatine type and effective doses have been well studied, presenting consistent results. However, not many studies have evaluated the ingestion timing in terms of its interaction with the creatine effects. The aim of this review is to analyze the different existing scientific literature on creatine supplementation protocols and their interaction with the timing of ingestion, in order to assess whether there is a greater effect of the ergogenic dose of creatine considered effective when it is ingested before, post workout or at another time of the day. The results of this work presented different types of protocols and doses in creatine supplementation, despite being diverse the protocols shown in the literature, the most effective consisted of a consumption of 0.3 g/kg/d for five days, followed by a consumption of 0.03 g/kg/d, thus achieving a greater reserve of PCr in skeletal muscle. Studies showed greater benefits when creatine intake was carried out in the moments close to workout due to greater blood flow, the studies pointing to significant improvements in post-workout consumption, since creatine can increase the rate of glycogen uptake in muscle and increase insulin sensitivity.

Key words:

Creatine. Sport.
Dietary Supplements.
Athletic performance.

Correspondencia: José Manuel Jurado-Castro

E-mail: juradox@gmail.com

Introducción

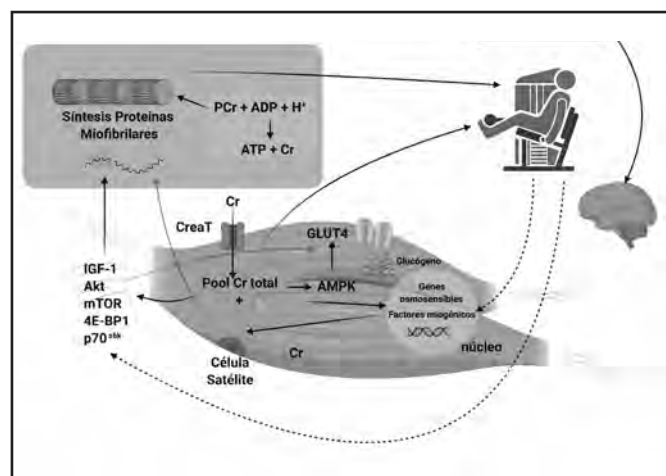
El uso de suplementos deportivos (SD) en el deporte está bastante extendido. En un trabajo reciente realizado con deportistas españoles de diferentes modalidades, se pudo observar como el 64% de los atletas habían consumido SD¹. Las motivaciones que desencadenan la ingesta de SD en los deportistas son diversas, siendo la mejora del rendimiento, una de las principalmente reportadas en la literatura científica². Con fines en la búsqueda de mejora del rendimiento, existen algunas ayudas ergogénicas como la creatina monohidrato (CrM) con un elevado nivel de evidencia. En este sentido, recientemente el Comité Olímpico Internacional² ha realizado un posicionamiento donde se evaluó los diferentes SD y su grado de evidencia, donde la creatina (Cr), es considerada como un SD dentro del grupo A, es decir, con un elevado nivel de evidencia como ayuda ergogénica, existiendo más de ochenta revisiones que informan del efecto ergogénico y terapéutico de la Cr³. Varios meta-análisis y revisiones sistemáticas^{4,5} apoyan tales afirmaciones, observando mejoras en la fuerza en miembro inferior y superior, en el rendimiento en ejercicio de alta intensidad intermitente (HIIT), masa muscular y recuperación, aunque son pocos los estudios que apuntan a sus efectos positivos sobre el rendimiento aeróbico⁶.

La Cr (ácido metilguanidina-acético) es un ácido orgánico nitrogenado natural⁷ que se sintetiza endógenamente en el hígado, páncreas y riñones a partir de tres aminoácidos: arginina, glicina y metionina, a razón de 1-2 gramos de Cr por día⁸, además de ser aportada vía exógena a través de la alimentación, lo que compensa las pérdidas de aproximadamente 2 g/día⁹. Una vez sintetizada, el 90% de la Cr es almacenada en el músculo esquelético en forma de fosfocreatina (PCr) (60%) y Cr libre (40%)¹⁰. La principal acción de la PCr está relacionada con la resíntesis del ATP mediante la transferencia del grupo fosfato al ADP. La resíntesis de ATP mediada por la PCr, permite un aumento del rendimiento durante acciones de elevada intensidad y corta duración, donde la vía de los fosfágenos, es la principal fuente de energía. Por tanto, el efecto de la suplementación con Cr, se ha visto especialmente interesante en la mejora del rendimiento de ejercicios de alta intensidad que duran menos de 30 segundos, siendo más evidente, cuando hay periodos repetidos de ejercicio intenso, como por ejemplo, el entrenamiento de fuerza¹¹. Además, el entrenamiento de fuerza junto con la ingesta de Cr permite aumentar la intensidad del entrenamiento, lo que conlleva mayores adaptaciones y ganancias de masa muscular^{12,13}.

Añadido al efecto amplificador del rendimiento en este tipo de acciones, la reacción catalizada por la enzima creatina kinasa, se ha visto que consume un hidrogenión (H⁺) lo que puede contribuir a una acción buffer intracelular durante ejercicios que impliquen una alta actividad de la vía glucolítica, y, por tanto, una menor caída del pH y de la fatiga neuromuscular asociada (Figura 1).

En cuanto a la dosis y protocolos en la suplementación de Cr, se ha encontrado una diversa y amplia bibliografía, pero en relación a qué momento el consumo de la Cr es más beneficioso, los resultados en la literatura no son tan numerosos¹⁴. El principal objetivo de esta revisión, es analizar la diferente literatura científica existente sobre los protocolos de suplementación con Cr y su interacción con el momento de la ingesta, con el fin de evaluar si existe un efecto mayor de la dosis ergogénica

Figura 1. Mecanismos propuestos de la creatina.



considerada efectiva de Cr cuando esta es ingerida antes, después del entrenamiento o en otro momento del día.

Variables a considerar en la respuesta a suplementación con creatina

Las diferencias en la respuesta a la suplementación, deben ser consideradas por parte de los diferentes profesionales como parte del proceso de individualización del programa de alimentación y suplementación atendiendo a variables como el tipo de dieta y la edad.

Dieta vegetariana o vegana

La Cr se encuentra de forma natural en la carne y el pescado y en muy pequeñas cantidades en algunos vegetales, lo que hace, que debido a la disminución o ausencia de la ingesta de estos grupos de alimentos en vegetarianos o veganos, el consumo de Cr disminuya o esté prácticamente ausente¹⁵. Además, los atletas veganos, si no introducen suplementación con vitamina B12, pueden tener deficiencia de este micronutriente, interfiriendo en la síntesis endógena de metionina, y con ello, una menor biosíntesis de Cr¹⁶.

En estas poblaciones, se ha observado que el contenido de Cr en diferentes tejidos, como el músculo, el plasma y los glóbulos rojos es menor que en omnívoros, aunque no en el tejido cerebral¹⁷. Estudios realizados mediante el análisis de muestras de biopsia muscular del vasto lateral, han observado que los niveles de Cr total (Cr + PCr) son inferiores en vegetarianos que en omnívoros, en concreto: un 10 - 15% del total; un 7-10% de PCr y un 7 - 26% de la Cr¹⁸. Esto puede indicar, que la suplementación con CrM, puede ser interesante en aquellos atletas que sigan este tipo de patrón alimentario, debido a que niveles bajos de este aminoácido a nivel muscular, podrían afectar al rendimiento de alta intensidad debido a una aparición prematura de fatiga¹⁹. Así, los resultados derivados de una reciente revisión sistemática¹⁸, muestran como la suplementación con Cr en vegetarianos es efectiva para aumentar la Cr y PCr a niveles más elevados que los obtenidos en omnívoros. La

ingesta mínima recomendada para este tipo de población, se encuentra en torno a 1 g/d (cantidad que se encuentra en un filete)²⁰. Así, la suplementación con Cr en vegetarianos, puede ser una ayuda ergogénica eficaz para aumentar el rendimiento, sin existir actualmente datos concluyentes de que este efecto sea mayor al observado en omnívoros¹⁸.

Edad

A pesar de la amplia literatura de apoyo con respecto a la eficacia de la suplementación con Cr en atletas adultos, hay datos limitados disponibles en niños o adolescentes. Es probable que esta falta de literatura disponible sea atribuible a restricciones éticas, problemas de seguridad y desafíos metodológicos. Aunque comúnmente se haya desaconsejado su uso en niños y adolescentes²¹, no hay una evidencia de que existan peligros o efectos adversos para esta población²². De hecho, el único efecto secundario probado clínicamente, es el aumento de peso de 1-2 Kg, no existiendo evidencia de que su uso a corto o largo plazo (siempre que no se sobrepasen los 30 g/d durante un período de 5 años) pueda ocasionar efectos negativos sobre población sana desde la infancia hasta la vejez²³.

Algunos estudios, han mostrado que el contenido de Cr disminuye con la edad, lo que no se conoce es, si se debe a los bajos niveles de actividad física o al propio envejecimiento²⁴. Además, la cantidad y tamaño de las fibras de Tipo II disminuyen progresivamente con el envejecimiento, observando algunos estudios²⁵, que aquellos individuos con mayor cantidad de fibras de tipo II y mayor área de sesión transversal, responden mejor a la suplementación con Cr, lo que puede determinar que, los adultos mayores tengan una respuesta anabólica atenuada a la suplementación con Cr⁹.

Una reciente revisión²⁶ en la que se evaluó la suplementación de Cr combinada con ejercicio en adultos mayores sanos, mostró un efecto positivo con al menos 12 semanas de entrenamiento de resistencia. Su suplementación unida a un ejercicio de moderada a alta intensidad en personas de edad avanzada, podría provocar una mejora en la salud muscular. Cuestión que cobra especial importancia en todos los países con un envejecimiento progresivo dada la especial incidencia de morbilidad asociada a la sarcopenia, como por ejemplo, las fracturas provocadas por caídas.

Además de estos beneficios aplicables al entrenamiento y actividad física en las personas mayores, se han encontrado otros beneficios en la suplementación con Cr relacionados con una mayor capacidad de razonar rápidamente y pensar de forma abstracta, a lo que se conoce como "inteligencia fluida", refutándolo estudios de doble ciego realizados en sujetos de edad avanzada a los que se les ha sometido a pruebas de memoria^{27,28}. También se ha asociado un posible efecto útil en la atrofia muscular espinal y bulbar, ya que, durante el trascurso de dicha patología, se produce una disminución de los niveles de Cr intramuscular, posiblemente relacionada con la aparición de debilidad muscular en estos pacientes. Actualmente se están realizando ensayos clínicos para evaluar el uso de Cr como tratamiento para esta patología²⁹. También, se ha observado una relación entre su suplementación y la mejora del estado de salud pese al envejecimiento, con un mejor perfil lipídico, un menor crecimiento de compartimento graso corporal, y una disminución del estrés oxidativo y de la resorción ósea entre otros efectos³⁰.

Seguridad de la creatina

Actualmente, no son muchos los estudios que han evaluado la seguridad de la Cr en comparación con sus efectos sobre el rendimiento o efecto en ciertas patologías^{31,32}. En la literatura científica, pueden encontrarse estudios sobre la seguridad de la CrM en hombres, observándose disfunción renal, síndrome compartimental en la piernas, rabdomiólisis, accidente cerebrovascular isquémico, fibrilación auricular, lesión hepática colestática aguda y hepatitis tóxica. Sin embargo, estos datos no han podido ser replicados por ensayos clínicos controlados por placebo³.

Recientemente, un estudio ha evaluado los resultados adversos de la suplementación con CrM sobre la salud en mujeres post puberales no embarazadas, concluyendo que dicho suplemento es seguro para esta población³. Conclusión similar a los resultados de otras revisiones realizadas en hombres o en estudios mixtos, donde la CrM, ingerida en las dosis y pautas recomendadas por los diferentes fabricantes y organismos relacionados con la nutrición deportiva en todo el mundo parece segura, no mostrándose ventajas por el uso de otro tipo de forma de Cr³¹, que además suelen tener un mayor costo en el mercado.

Protocolos de suplementación y dosis óptima de consumo

En el trabajo de Roger Harris *et al.*²⁰ descubrieron como la suplementación con CrM, aumentaba el contenido de Cr muscular en torno a un 20%. La mayoría de los estudios con Cr comúnmente han usado un protocolo basado en el estudio de Hultman *et al.*³³ donde se compararon diferentes protocolos y se obtuvo como más efectivo una suplementación con una fase de carga de 5-6 días en la que se consume una dosis estándar de 20 g/d o de 0,3 g/kg/d, seguida por una fase de mantenimiento de 2 gramos días o 0,03 g/kg/d.

Con respecto al protocolo de carga de Cr, un estudio reciente realizado con 17 hombres entrenados, mostró como ingestas de 20 g/d durante 5 días combinado con entrenamiento de fuerza, produjo un aumento del rendimiento³⁴. Sin embargo, la gran mayoría de estudios donde se ha evaluado los efectos de la suplementación de Cr con fase de carga y mantenimiento, han sido realizados en hombres. En el caso de mujeres, se realizó otro ensayo con el objetivo de valorar un aumento de la aptitud física, rendimiento o composición corporal, en respuesta a cuatro semanas de entrenamiento HIIT unida a una suplementación de Cr. En este caso, la suplementación inicial fue de 0,3 g/kg/d durante 5 días, seguido de una fase de mantenimiento de 0,1 g/kg/d durante 23 días, combinada con HIIT. El estudio concluyó que la adición de Cr, no mejoró la aptitud cardiorrespiratoria ni mejoró la composición corporal de las mujeres³⁵. No obstante, se requieren más estudios que analicen la influencia tanto del sexo como del género en la suplementación con Cr.

La fase de carga de Cr puede aumentar el peso corporal aproximadamente un 2%, debido a un aumento de agua intracelular ocasionada por el efecto osmótico de la Cr³⁶. Es importante advertir, que este efecto es necesario debido a que diferentes estudios han mostrado la activación de genes específicos osmosensibles en respuesta a la suplementación con Cr, y por tanto, forma parte de los mecanismo de acción³⁷.

En otros protocolos de suplementación, se opta únicamente por realizar una ingesta de 0,1 g/kg/día, si bien este último protocolo necesita más días para causar un efecto ergogénico³⁸. En este sentido, Galvan E, *et al.*³², realizaron un ensayo con 13 adultos sanos y activos físicamente, los cuales fueron divididos en 4 grupos, siendo cada uno suplementado con diferentes dosis de CrM (1,5 g, 3 g, 5 g y placebo respectivamente), con el fin de valorar los efectos dependientes de la dosis a los índices de seguridad y rendimiento en el ejercicio. Los autores concluyeron que hasta 3 g/d, la dosis es segura y eficaz respecto a los cambios de fuerza y composición corporal.

Yáñez-Silva A, *et al.*³⁹ realizaron un estudio con jóvenes futbolistas de élite con el objetivo de determinar los efectos de una suplementación de CrM en la potencia muscular. Para ello, se emplearon bajas dosis de consumo con una cantidad 0,03 g/kg/d medida durante unos 14 días. Los futbolistas fueron divididos en dos grupos, unos consumieron Cr y otros, placebo, además de ser un estudio realizado a doble ciego. Para medir los resultados, se usó el test anaeróbico de Wingate. Se apreciaron mejoras significativas comparando la potencia antes y después del periodo de suplementación. El grupo placebo también obtuvo mejoras (influidas por el propio entrenamiento o factores externos) pero no tan significativas como el grupo que consumió Cr.

Otro estudio en hombres⁴⁰ examinó el efecto de la llamada "fase de carga" analizando dos métodos de dosificar la ingesta diaria. Los sujetos se dividieron en dos grupos en el que durante 5 días consumieron CrM, un primero en el que ingirieron 4 x 5 g/d y un segundo que consumió 20 x 1 g/d en el que se obtuvo una menor excreción urinaria de Cr y metilamina, conduciendo a un aumento estimado de Cr en todo el cuerpo y muy probablemente en el músculo. Los autores concluyeron que una dosificación en pequeñas cantidades distribuida uniformemente a lo largo del día, generó una mejora en la retención corporal y muscular de Cr.

Timing óptimo en la suplementación con creatina

El *timing* o momento óptimo para el consumo de la Cr se ha tratado de dilucidar, sin embargo, los estudios al respecto son más limitados (Tabla 1) en comparación a otros suplementos^{14,41}.

Para hacer referencia a cuándo es más beneficioso el consumo de la Cr, la mayoría de estudios toman como referencia el de Antonio y Ciccone⁴² en el cual se comparan los efectos del suplemento antes y después de entrenar. En este, participaron 19 jóvenes varones fisiculturistas, llevando un entreno programado de 5 días durante 4 semanas. El estudio demostró que 5 gr de ingestión de CrM post-entreno, generaba mayores beneficios en fuerza y mejoras en la composición corporal comparado con un consumo pre-entreno.

En un posterior estudio realizado por Candow *et al.*⁴³, observaron que 32 semanas de suplementación con Cr (0,1 g/kg) en adultos mayores sanos (50-71 años) inmediatamente después del entrenamiento de fuerza, condujeron a una mayor masa magra en comparación con su toma inmediatamente antes del ejercicio. Sin embargo, los aumentos en la fuerza muscular producidos por la Cr, se produjeron independientemente tras la ingestión.

La observación del estudio de Antonio y Ciccone⁴² no fue confirmada en otro estudio realizado por Candow *et al.*⁴⁴, cuyo objetivo era comparar los efectos de la suplementación con Cr antes versus después del ejercicio en un entrenamiento de fuerza. Esta vez, la muestra la formaron 22 adultos mayores sanos (9 hombres, 13 mujeres, entre 50 - 64 años), realizando un entrenamiento de fuerza con una duración de 12 semanas (3 días por semana). Se dividieron en dos grupos, los que consumían Cr antes y los que la consumieron después, comparado con un placebo. Durante el período de entrenamiento de 12 semanas, ambos grupos

Tabla 1. Características de estudios sobre el *timing* óptimo de la suplementación deportiva con creatina.

Autor	Participantes (N/género/edad)	Tipo de entrenamiento	Suplemento	Dosis	Duración	Momento de toma de suplemento	Resultados / Conclusiones
Cribb y Hayes (2006)	23 / hombres / 18-28 años	Entrenamiento de fuerza	Creatina + proteína + glucosa	1 g/kg (7 g/100 g de creatina)	10 semanas	Pre-entreno / post-entreno vs amanecer / anochecer	Mayor ganancia de masa muscular y aumentos en fuerza muscular en los momentos cercanos al entrenamiento
Antonio y Ciccone (2013)	19 / hombres / 23,1 ± 2,9 años	Fisiculturismo	Creatina	5 g	4 semanas	Pre-entreno vs post-entreno	Mejora en la fuerza y composición corporal con un consumo post-entreno
Candow <i>et al.</i> (2014)	22 (9 hombres; 13 mujeres) / 50-64 años	Entrenamiento de fuerza	Creatina	0,1 g/kg	12 semanas	Pre-entreno vs post-entreno	Cambios en la masa muscular o la fuerza similares independientemente del <i>timing</i> de consumo.
Candow <i>et al.</i> (2015)	64 / (38 mujeres; 26 hombres) / 50-71 años	Entrenamiento de fuerza	Creatina	0,1 g/kg	32 semanas	Creatina Pre-entreno vs creatina post-entreno vs placebo pre y post-entreno	Aumentos en masa muscular con creatina post-entreno. Aumento de fuerza muscular con creatina independientemente del <i>timing</i> .

experimentaron un aumento significativo en la masa magra de todo el cuerpo, así como un aumento de fuerza en el tren inferior y superior sin diferencias entre los grupos. Los autores concluyeron que los cambios en la masa muscular o la fuerza, fueron similares independientemente del timing de consumo.

De igual manera ocurrió en el estudio de Cooke *et al.*⁴⁵, que evaluó los efectos del consumo de Cr (con 5 g de carbohidratos adicional) después del ejercicio sobre la composición corporal y la fuerza muscular en 20 hombres adultos mayores (55-70 años) durante 12 semanas, participando en un entrenamiento de fuerza de alta intensidad programado. Después de la fase inicial de "carga" de 7 días, los participantes recibieron instrucciones de ingerir su suplemento dentro de los 60 minutos posteriores al ejercicio. La ingestión de CrM después del ejercicio, no proporcionó una mayor mejora de la composición corporal y la fuerza muscular que el entrenamiento de fuerza por sí solo. Aunque este estudio no comparó diferentes momentos de consumo del suplemento, estos resultados deben ser considerados en la presente revisión.

El propósito de otro estudio⁴⁶ fue examinar los efectos de la suplementación antes y después del entreno con la suplementación en otro momento del día (mañana y noche) sobre la hipertrofia muscular, la fuerza y la composición corporal durante un programa de fuerza de 10 semanas, demostrando mayor ganancia de masa muscular y aumentos en fuerza muscular cuando el suplemento se ingería en los momentos cercanos al entrenamiento. En este caso el suplemento contenía proteína, Cr y glucosa.

Una revisión¹⁴ se centró en evaluar el efecto del tiempo de Cr en la hipertrofia muscular y la fuerza, recogiendo parte de los estudios descritos en relación al *timing* en nuestra revisión, y aunque la literatura es limitada hasta el momento, parece que la suplementación con Cr antes y después de las sesiones de entrenamiento de resistencia, aumenta la masa y la fuerza del tejido magro. La revisión sugiere que la ingestión de Cr después del ejercicio, proporciona mayores beneficios musculares que la Cr previa al ejercicio¹⁴. La ingestión de este suplemento en los momentos próximos al entrenamiento, puede ser más beneficiosa que la ingestión de Cr en otros momentos del día, debido al aumento del flujo sanguíneo y la activación de la bomba de sodio-potasio⁴⁶ tras la entrada de Cr en músculo.

Por otra parte, serían deseables estudios que demostrasen la influencia de los ritmos circadianos sobre el timing de la Cr, para conocer su efecto sobre el rendimiento en el entrenamiento matutino *versus* el vespertino.

Conclusión

El protocolo de suplementación de Cr más efectivo constó de un consumo de 0,3 g/kg/d durante cinco días, seguido de un consumo de 0,03 g/kg/d consiguiendo de esta forma, una mayor reserva de PCr en el músculo esquelético.

Los estudios mostraron mayores beneficios cuando la ingesta de Cr se realizó en los momentos cercanos al entreno debido al mayor flujo sanguíneo, apuntando los estudios a mejoras significativas en un consumo post-entreno, debido a que la Cr puede aumentar la formación de glucógeno en el músculo y aumentar la sensibilidad a la insulina.

Conflictos de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Baltazar-Martins G, Brito de Souza D, Aguilar-Navarro M, Muñoz-Guerra J, Plata MDM, Del Coso J. Prevalence and patterns of dietary supplement use in elite Spanish athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019;16:30. doi:10.1186/s12970-019-0296-5
- Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med.* 2018;52:439-55. doi:10.1136/bjsports-2018-099027
- de Guingand DL, Palmer KR, Bilardi JE, Ellery SJ. Acceptability of dietary or nutritional supplementation in pregnancy (ADONS) - Exploring the consumer's perspective on introducing creatine monohydrate as a pregnancy supplement. *Midwifery.* 2020;82:102599. doi:10.1016/j.midw.2019.102599
- Chilibeck PD, Kaviani M, Candow DG, Zello GA. Effect of creatine supplementation during resistance training on lean tissue mass and muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Open Access J Sports Med.* 2017;8:213-26. doi:10.2147/OAJSM.S123529
- Lanhers C, Pereira B, Naughton G, Trousselard M, Lesage FX, Duthel F. Creatine Supplementation and Lower Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Sports Med.* 2015;45:1285-94. doi:10.1007/s40279-015-0337-4
- Santesteban Moriones V, Ibañez Santos J. Ayudas ergogénicas en el deporte [Ergogenic aids in sport]. *Nutr Hosp.* 2017;34:204-215. Published 2017 Feb 1. doi:10.20960/nh.997
- Wyss M, Kaddurah-Daouk R. Creatine and creatinine metabolism. *Physiol Rev.* 2000;80:1107-13. doi:10.1152/physrev.2000.80.3.1107
- Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, et al. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:706-17. doi:10.1097/00005768-200003000-00024
- Candow DG, Forbes SC, Chilibeck PD, Cornish SM, Antonio J, Kreider RB. Variables Influencing the Effectiveness of Creatine Supplementation as a Therapeutic Intervention for Sarcopenia. *Front Nutr.* 2019;6:124. doi:10.3389/fnut.2019.00124
- Greenhaff PL. The nutritional biochemistry of creatine. *The Journal of Nutritional Biochemistry.* 1997;8(1):610-8.
- Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary Supplements for Health, Adaptation, and Recovery in Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28:188-99. doi:10.1123/ijsnem.2017-0340
- Burke DG, Chilibeck PD, Parise G, Candow DG, Mahoney D, Tarnopolsky M. Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1946-55. doi:10.1249/01.MSS.0000093614.17517.79
- Kaviani M, Abassi A, Chilibeck PD. Creatine monohydrate supplementation during eight weeks of progressive resistance training increases strength in as little as two weeks without reducing markers of muscle damage. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019;59:608-12. doi:10.23736/S0022-4707.18.08406-2
- Forbes SC, Candow DG. Timing of creatine supplementation and resistance training: a brief review. *J. Exerc. Nutr.* 2018;1:1-6.
- Rogerson D. Vegan diets: practical advice for athletes and exercisers. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:36. doi:10.1186/s12970-017-0192-9
- Mahmood L. The metabolic processes of folic acid and Vitamin B12 deficiency. *J. Health Res. Rev.* 2014;1, 5.
- Yazigi Solis M, de Salles Painelli V, Giannini Artioli G, Roschel H, Concepción Otaduy M, Gualano B. Brain creatine depletion in vegetarians? A cross-sectional ¹H-magnetic resonance spectroscopy (¹H-MRS) study. *Br J Nutr.* 2014;111:1272-4. doi:10.1017/S0007114513003802
- Kaviani M, Shaw K, Chilibeck PD. Benefits of Creatine Supplementation for Vegetarians Compared to Omnivorous Athletes: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:3041. doi:10.3390/ijerph17093041
- Venderley AM, Campbell WW. Vegetarian diets: nutritional considerations for athletes. *Sports Med.* 2006;36:293-305. doi:10.2165/00007256-200636040-00002
- Harris RC, Söderlund K, Hultman E. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci (Lond).* 1992;83(3):367-74. doi:10.1042/cs0830367
- Greydanus DE, Patel DR. Sports doping in the adolescent: the Faustian conundrum of Hors de Combat. *Pediatr Clin North Am.* 2010;57:729-50. doi:10.1016/j.pcl.2010.02.008
- Jagim AR, Stecker RA, Harty PS, Erickson JL, Kerkick CM. Safety of Creatine Supplementation in Active Adolescents and Youth: A Brief Review. *Front Nutr.* 2018;5:115. doi:10.3389/fnut.2018.00115

23. Kerkick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, *et al.* ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15:38
24. Rawson ES, Venezia AC. Use of creatine in the elderly and evidence for effects on cognitive function in young and old. *Amino Acids.* 2011;40:1349-62. doi:10.1007/s00726-011-0855-9
25. Syrotuik DG, Bell GJ. Acute creatine monohydrate supplementation: a descriptive physiological profile of responders vs. nonresponders. *J Strength Cond Res.* 2004;18:610-7. doi:10.1519/12392.1
26. Stares A, Bains M. The Additive Effects of Creatine Supplementation and Exercise Training in an Aging Population: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *J Geriatr Phys Ther.* 2020;43:99-112.
27. McMorris T, Harris RC, Swain J, Corbett J, Collard K, Dyson RJ, *et al.* Effect of creatine supplementation and sleep deprivation, with mild exercise, on cognitive and psychomotor performance, mood state, and plasma concentrations of catecholamines and cortisol. *Psychopharmacology (Berl).* 2006;185:93-103. doi:10.1007/s00213-005-0269-z
28. Rae C, Digney AL, McEwan SR, Bates TC. Oral creatine monohydrate supplementation improves brain performance: a double-blind, placebo-controlled, cross-over trial. *Proc Biol Sci.* 2003;270:2147-50.
29. Hijikata Y, Katsuno M, Suzuki K, Hashizume A, Araki A, Yamada S, *et al.* Treatment with creatine monohydrate in Spinal and Bulbar Muscular Atrophy: protocol for a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *JMIR Res Protoc.* 2018;7:69.
30. Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, Ziegenfuss TN, Wildman R, Collins R, *et al.* International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:18. doi:10.1186/s12970-017-0173-z
31. Jäger R, Purpura M, Shao A, Inoue T, Kreider RB. Analysis of the efficacy, safety, and regulatory status of novel forms of creatine. *Amino Acids.* 2011;40(5):1369-83. doi:10.1007/s00726-011-0874-6
32. Galvan E, Walker DK, Simbo SY, Dalton R, Levers K, O'Connor A, *et al.* Acute and chronic safety and efficacy of dose dependent creatine nitrate supplementation and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016;13:12.
33. Hultman E, Söderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL. Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol.* 1996;81:232-37. doi:10.1152/jappl.1996.81.1.232
34. Law YL, Ong WS, GillianYap TL, Lim SC, Von Chia E. Effects of two and five days of creatine loading on muscular strength and anaerobic power in trained athletes. *J Strength Cond Res.* 2009;23(3):906-914. doi:10.1519/JSC.0b013e3181a06c59
35. Forbes SC, Sletten N, Durrer C, Myette-Côté É, Candow D, Little JP. Creatine Monohydrate Supplementation Does Not Augment Fitness, Performance, or Body Composition Adaptations in Response to Four Weeks of High-Intensity Interval Training in Young Females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017;27:285-92. doi:10.1123/ijnsnem.2016-0129
36. Häussinger D, Roth E, Lang F, Gerok W. Cellular hydration state: an important determinant of protein catabolism in health and disease. *Lancet.* 1993;341:1330-2. doi:10.1016/0140-6736(93)90828-5
37. Bembien MG, Lamont HS. Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports Med.* 2005;35:107-25. doi:10.2165/00007256-200535020-00002
38. Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Jimenez A. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9:33.
39. Yáñez-Silva A, Buzzachera CF, Piçarro IC, Januario RS, Ferreira LH, McAnulty SR, *et al.* Effect of low dose, short-term creatine supplementation on muscle power output in elite youth soccer players. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:5.
40. Sale C, Harris RC, Florance J, Kumps A, Sanvura R, Poortmans JR. Urinary creatine and methylamine excretion following 4 x 5 g x day(-1) or 20 x 1 g x day(-1) of creatine monohydrate for 5 days. *J Sports Sci.* 2009;27:759-66. doi:10.1080/02640410902838237
41. Naderi A, de Oliveira EP, Ziegenfuss TN, Willems MT. Timing, Optimal Dose and Intake Duration of Dietary Supplements with Evidence-Based Use in Sports Nutrition. *J Exerc Nutrition Biochem.* 2016;20:1-12.
42. Antonio J, Ciccone V. The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10:36. doi:10.1186/1550-2783-10-36.
43. Candow DG, Vogt E, Johannsmeyer S, Forbes SC, Farthing JP. Strategic creatine supplementation and resistance training in healthy older adults. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40:689-94. doi:10.1139/apnm-2014-0498
44. Candow DG, Zello GA, Ling B, Farthing JP, Chilibeck PD, McLeod K, *et al.* Comparison of creatine supplementation before versus after supervised resistance training in healthy older adults. *Res Sports Med.* 2014;22:61-74. doi:10.1080/15438627.2013.852088.
45. Cooke MB, Brabham B, Buford TW, Shelmadine BD, McPheeters M, Hudson GM, *et al.* Creatine supplementation post-exercise does not enhance training-induced adaptations in middle to older aged males. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114:1321-32. doi:10.1007/s00421-014-2866-1
46. Cribb PJ, Hayes A. Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:1918-25. doi:10.1249/01.mss.0000233790.08788.3e

Efectos del ejercicio físico y el ayuno intermitente en la salud: una revisión sistemática

Jorge Salse-Batán¹, Brian Villar Pérez¹, Miguel A. Sánchez-Lastra², Carlos Ayán Pérez³

¹Universidad de Vigo. Pontevedra. ²Grupo de investigación Healthy-Fit. Instituto de Investigación Sanitaria Galicia Sur (IIS Galicia Sur). Facultad de Ciencias del Deporte y de la Educación. Universidad de Vigo. Pontevedra. ³Grupo de investigación Well-Move. Instituto de Investigación Sanitaria Galicia Sur (IIS Galicia Sur). Facultad de Ciencias del Deporte y de la Educación. Departamento de Didácticas Especiales. Universidad de Vigo. Pontevedra.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00027

Recibido: 24/04/2020
Aceptado: 15/10/2020

Resumen

Objetivos: Esta investigación tuvo como objetivo revisar sistemáticamente la evidencia científica al respecto de los efectos que tiene en la salud el hecho de combinar ejercicio físico y ayuno intermitente, así como determinar si su impacto es mayor que cuando ambas actividades se realizan de forma separada.

Material y método: Se llevó a cabo una búsqueda en MEDLINE a través de PubMed, Scopus, SportDiscus, Cochrane Library y CINAHL, mediante la combinación de las siguientes palabras clave "Intermittent Fasting", "Ramadan", "Time Restricted Feeding" y "Physical Exercise". La calidad metodológica fue determinada mediante la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro).

Resultados: De los 711 resultados obtenidos tras la primera búsqueda, cuatro ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) fueron definitivamente incluidos en el estudio. La calidad metodológica de los ensayos analizados resultó ser "regular" en tres estudios y "buena" en uno de ellos. Los resultados obtenidos muestran que el ayuno combinado con ejercicio resulta ser más eficaz en la mejora de parámetros relacionados con la composición corporal, tales como el peso corporal, el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de cintura, la masa grasa y el porcentaje de masa grasa. También se observó una mejora en la glucosa, la resistencia a la insulina, el colesterol HDL y LDL, la presión arterial sistólica y diastólica, los triglicéridos y el consumo máximo de oxígeno.

Palabras clave:
Ayuno. Ejercicio físico.
Obesidad. Sobrepeso.

Conclusiones: La combinación de ayuno intermitente con ejercicio físico tiene efectos beneficiosos en la salud cardiovascular y metabólica. Dicha estrategia parece ser un método efectivo para mejorar la salud de las personas a través de variables relacionadas con la composición corporal, así como con el nivel de glucosa, colesterol y triglicéridos.

Effects of physical exercise and intermittent fasting for health: a Systematic review

Summary

Objectives: This research aimed to systematically review the scientific evidence regarding the effects on health of combining exercise and fasting, as well as to determine if their impact is greater than when both activities are performed separately.

Material and method: A search of following databases was performed: MEDLINE through PubMed, Scopus, SportDiscus, Cochrane Library and CINAHL, by combining the keywords "Intermittent Fasting", "Ramadan", "Time Restricted Feeding" and "Physical Exercise". The methodological quality was determined using the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale.

Results: Of the 711 results found in the first search, only four studies were definitely selected. The methodological quality of the analyzed trials turned out to be "fair" in three studies and "good" in one of them. The results obtained show that fasting combined with exercise turns out to be more effective in improving the body composition-related parameters, such as body weight, body mass index (BMI), waist circumference, fat mass and fat mass percentage. An improvement in glucose, insulin resistance, HDL and LDL cholesterol, systolic and diastolic blood pressure, triglycerides and maximal oxygen uptake were also observed.

Key words:
Fasting. Physical Exercise.
Obesity. Overweight.

Conclusions: The combination of intermittent fasting with physical exercise is an effective and interesting strategy to improve cardiovascular and metabolic health. This strategy appears to be an effective method to improve people's health through variables related to body composition, as well as the level of glucose, cholesterol and triglycerides.

Correspondencia: Jorge Salse-Batán
E-mail: jorgesalseb@gmail.com

Introducción

La inactividad física supone un factor relacionado con la mortalidad global y está asociada con un aumento del riesgo de padecer enfermedades coronarias, diabetes, así como cáncer de colon o de pecho¹. Por ello, deben surgir estrategias que promuevan la realización de actividad física con el objetivo principal de mejorar la salud de las personas.

Así, una de las estrategias destinadas a promover la actividad física es incrementar la realización o práctica de ejercicio físico, puesto que se ha demostrado que este modifica las asociaciones entre comportamientos sedentarios y la mortalidad por cáncer o enfermedades cardiovasculares². También, la realización de ejercicio de manera regular se ha asociado con un menor riesgo de morbilidad y mortalidad³, así como con beneficios para la salud mental y el retraso en la aparición de la demencia¹.

Las estrategias nutricionales también se consideran otro factor para tener en cuenta en la modificación de los hábitos saludables. En efecto, se ha observado que ciertas estrategias nutricionales ayudan a la hora de mejorar la salud de las personas. Una de ellas es el ayuno intermitente, que consiste en un periodo sin o con escasa ingesta calórica en el que se pueden diferenciar varios tipos, como el ayuno diario de 16 horas, el ayuno de 24 horas en días alternos o el ayuno de dos días por semana en días no consecutivos⁴. Durante el ayuno, se suele ingerir en torno a un 20% de los requerimientos energéticos y, en los días de alimentación normal, la ingesta suele ser *ad libitum*⁵. Tinsley & La Bounty⁶ concluyen que se recomienda considerar esta estrategia como un método válido para individuos interesados en mejorar su composición corporal y su salud en general.

Ambas muestran efectos positivos sobre la salud, por lo que se ha considerado la combinación de estas como un aspecto clave a la hora de mejorar la calidad de vida de las poblaciones. Normalmente, estas estrategias se han utilizado de manera conjunta a la hora de tratar la obesidad debido a su prevalencia, ya que se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública a nivel global⁷, por lo que parece claro el interés por el desarrollo de métodos de trabajo que ayuden a frenar tal epidemia.

Vieira *et al.*⁸ llevaron a cabo una revisión sistemática con meta-análisis en la que tuvieron en cuenta ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) que evaluaran el efecto de realizar ejercicio aeróbico de una duración inferior a 120 minutos en un estado de ayuno en adultos de entre 19 y 59 años. Además, estas intervenciones fueron comparadas con el mismo ejercicio realizado tras consumir previamente una comida con, al menos, 25 gramos de carbohidratos. Estos autores concluyeron que realizar dicha actividad en estado de ayuno a una intensidad entre baja y moderada supone un aumento de la oxidación de las grasas durante la misma, aunque también indican que no hubo variaciones en las concentraciones de ácidos grasos libres cuando la actividad se realizaba en combinación con ayuno o sin él. Así, observaron grandes variaciones en las concentraciones de glucosa e insulina cuando el ejercicio fue realizado en estado de ayuno. En otra revisión sistemática con meta-análisis, Keenan *et al.*⁹ estudiaron el efecto de combinar el entrenamiento de fortalecimiento muscular con el ayuno intermitente con el principal objetivo de estudiar su efecto sobre la masa magra corporal, así como sobre la masa grasa, el peso y los ratios de adherencia

en sujetos recreacionalmente activos concluyendo que la masa magra se mantiene, pero que sí puede llevar a una reducción en la masa grasa.

Cabe destacar que, aunque el ayuno intermitente se haya estudiado principalmente con el objetivo de mejorar la salud de las personas, también se ha investigado sobre su utilidad para aumentar el rendimiento deportivo. Aird *et al.*¹⁰ llevaron a cabo una revisión sistemática con meta-análisis en la que investigaron los efectos del ayuno frente a las condiciones de ingesta normal en adultos mayores de 18 años sobre las adaptaciones metabólicas y de rendimiento posteriores, teniendo en cuenta ejercicio aeróbico continuo, anaeróbico o intermitente y señalan que la alimentación previa al ejercicio aeróbico prolongado (> 60 minutos) mejora el rendimiento durante dicha actividad. Sin embargo, no hubo diferencias en el rendimiento en ejercicios aeróbicos de menor duración entre el estado de ayuno y el de alimentación. Estos mismos autores concluyen que ambas condiciones (ayuno o alimentación normal) pueden influir en el rendimiento, debido a que también parecen existir una serie de adaptaciones metabólicas beneficiosas en estado de ayuno sobre tejidos periféricos. Levy *et al.*¹¹ realizaron una revisión sistemática en la que investigaron los efectos del ayuno intermitente en el rendimiento, tanto en ejercicios de alta intensidad, como de resistencia o de fortalecimiento muscular y no encontraron beneficios sobre el rendimiento en estado de ayunas.

Resulta relevante destacar que las revisiones sistemáticas consultadas concluyen una falta de evidencia científica al respecto que dificulta conocer hasta qué punto esta estrategia proporciona efectos beneficiosos. Teniendo en cuenta lo comentado, se hace necesaria la realización de este trabajo con el objetivo principal de revisar sistemáticamente la evidencia científica al respecto de los efectos que tiene en la salud el combinar ejercicio y ayuno, así como determinar si su impacto es mayor que cuando ambas actividades se realizan por separado.

Material y método

Estrategia de búsqueda

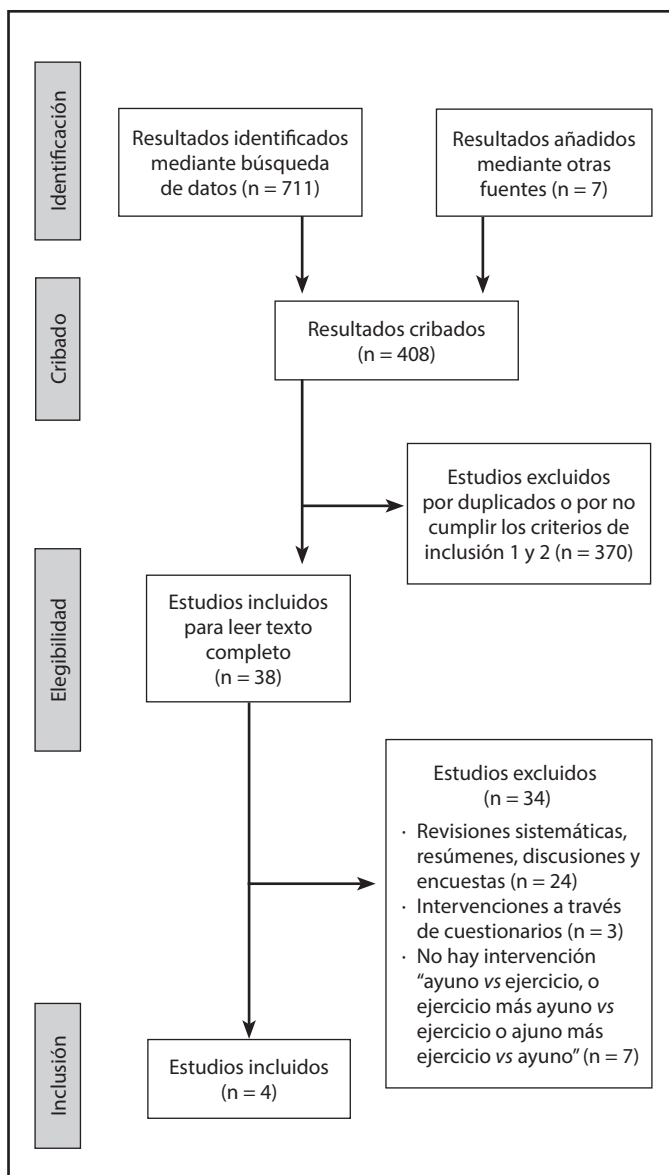
La estrategia de búsqueda utilizada fue diseñada para encontrar ECAs que hayan analizado el efecto de la actividad física y el ayuno o comparado el impacto de ambas terapias en variables relacionadas con la salud. Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, Scopus, CINAHL, SportDiscus y The Cochrane Central Register of Controlled Trials, sin acotación temporal. Para ello, se empleó la siguiente ecuación de búsqueda: ("*Intermittent Fasting*" OR *Ramadan* OR "*time restricted feeding*") AND ("*physical exercise*").

Se excluyeron todos aquellos estudios que: a) no incluyesen ejercicio físico o ayuno intermitente como parte de la intervención, b) no tuvieran un diseño aleatorizado y controlado, c) incluyesen ayunos tradicionales (ejemplo: Ramadán), y d) fuesen redactados en idiomas diferentes al inglés, castellano, francés o portugués.

Procedimiento de selección

Una vez fueron eliminados los estudios duplicados, se realizó una primera revisión de estos en la que se consultó el título y/o resumen y fueron clasificados según se consideraran "incluidos" para la lectura del

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de revisión sistemática.



texto completo, o "excluidos" por los criterios anteriormente mencionados. Las investigaciones que no proporcionasen suficiente información tras la lectura del título y resumen se seleccionaron para revisar en su totalidad. Una vez examinados dichos estudios, se descartaron los ensayos que no cumplieren los criterios de inclusión. Tras realizar este proceso, 34 estudios fueron descartados por diversos motivos, siendo cuatro el número de estudios finalmente seleccionados.

Extracción de datos

Se creó una tabla de registro con el objetivo de identificar los siguientes aspectos de los estudios finalmente seleccionados: las caracte-

terísticas de la muestra (número de participantes, edad, IMC y condición de salud), el tipo de intervención y sus características, las variables de estudio, las herramientas de valoración y los resultados significativos. El procedimiento de extracción de datos no fue ciego, conociéndose el nombre de los autores y el título de sus investigaciones.

Calidad metodológica

La calidad metodológica de los estudios considerados ECAs se valoró mediante la escala PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*). Dicha escala consta de 11 ítems, que se enumeran a continuación: criterios de selección, asignación aleatoria de los sujetos, ocultación de la asignación, comparabilidad inicial, cegamiento de los sujetos, cegamiento de los terapeutas, cegamiento de los evaluadores, seguimiento adecuado, análisis por intención de tratamiento, comparaciones entre grupos, estimaciones de puntuales y variabilidad. Todos, excepto el ítem que evalúa los criterios de selección, se emplearon para calcular la puntuación final de cada artículo, que osciló entre 0 y 10 puntos. De acuerdo con Sánchez-Lastra *et al.*¹², aquellos estudios que obtuvieron una puntuación de 6 o más en la escala PEDro se consideraron de "buena" calidad y los que consiguieron 5 puntos o menos, de calidad "regular".

Resultados

Tras la primera búsqueda en las bases de datos se encontraron 711 resultados, a los que se añadieron siete extraídos de otras fuentes. Tras eliminar estudios duplicados se obtuvieron 408 investigaciones, de los cuales se revisó título y resumen. Tras este análisis se excluyeron 370 artículos y se analizaron 38 investigaciones en su totalidad. Después de este proceso se eliminaron 34 estudios por no cumplir los criterios anteriormente mencionados siendo un total de cuatro ECAs incluidos finalmente.

Diseños y muestras

Las características de la intervención y las variables analizadas se muestran en la Tabla 1. Los cuatro estudios seleccionados incluyeron una comparación entre ayuno y ejercicio con solo ayuno o solo ejercicio en personas con obesidad o sobrepeso¹³⁻¹⁶.

El tamaño muestral de los trabajos incluidos varió entre 45¹⁶ y 112¹⁵ participantes, con una edad media comprendida entre 33¹⁶ y 49 años^{13,14}. La duración de las intervenciones propuestas osciló entre ocho^{15,16} y 12 semanas^{13,14}.

Las intervenciones de ejercicio propuestas consistieron en fortalecimiento muscular y resistencia aeróbica de intensidad moderada conjuntamente^{15,16}, así como solamente ejercicios de carácter aeróbico^{13,14}. En cuanto al ayuno, se optó por una restricción donde solo se consumió el 25% de la ingesta energética diaria, ingiriendo alimentos entre las 12:00 y las 14:00, así como una comida "ad libitum" el resto de días¹³⁻¹⁶.

Ninguno de los estudios reportó la adherencia o posibles efectos adversos. Sin embargo, un total de cuatro estudios sí incluyeron el número de abandonos de los participantes, siendo de 81¹⁵, 19^{13,14} y 10 sujetos¹⁶.

Tabla 1. Características generales de los estudios incluidos.

Primer autor (año)	Muestra	Intervención	Variables analizadas (herramienta de evaluación)	Resultados significativos
Bhutani <i>et al.</i> , (2013)	<p>Obesos</p> <p>Tamaño muestral: 83</p> <p>Distribución y edad (años): G1: 16 (45 ± 5) G2: 16 (42 ± 2) G3: 16 (42 ± 2) GC: 16 (49 ± 2)</p> <p>IMC (kg/m²): G1: 35 ± 1 G2: 35 ± 1 G3: 35 ± 1 GC: 35 ± 1</p>	<p>Duración: 12 semanas</p> <p>G1: Programa de intensidad moderada utilizando bicicletas estacionarias y máquinas elípticas. La duración del entrenamiento se incrementó progresivamente las semanas cuatro, siete y diez en 5 min y un 5% de la FCMáx y se combinó con un ayuno de una duración de cuatro semanas de alimentación controlada consumiendo el 25% de las necesidades energéticas básicas de cada participante en el día de ayuno (24 h) y una ingesta "ad libitum" en el día de ingesta normal (24 h). Las siguientes ocho semanas los sujetos continuaron sin ingesta durante el día de ayuno.</p> <p>G2: Ayuno con un período de cuatro semanas de alimentación controlada consumiendo el 25% de las necesidades energéticas básicas de cada participante en el día de ayuno (24 h) y una ingesta "ad libitum" en el día de ingesta normal (24 h). Las siguientes ocho semanas los sujetos continuaron sin ingesta durante el día de ayuno.</p> <p>G3: Programa de intensidad moderada utilizando bicicletas estacionarias y máquinas elípticas. La duración del entrenamiento se incrementó progresivamente en las semanas cuatro, siete y diez en 5 min y un 5% de la FCMáx.</p> <p>GC: Actividades de la vida diaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Peso corporal (escala de barras de equilibrio) - IMC (kg/m²) - Masa grasa (bioimpedancia) - Masa magra (bioimpedancia) - Circunferencia de cintura (cinta métrica flexible) - Colesterol total - Colesterol HDL - Colesterol LDL - Triglicéridos - Glucosa plasmática en ayunas - RI (HOMA-IR = insulina plasmática en ayunas x glucosa plasmática en ayunas) - Presión sanguínea sistólica (monitor de frecuencia cardíaca y presión sanguínea automático digital) - Presión sanguínea diastólica (monitor de frecuencia cardíaca y presión sanguínea automático digital) - FCMáx (monitor de frecuencia cardíaca y presión sanguínea automático digital) 	<p>Adherencia: NI</p> <p>Abandonos: 19</p> <p>Completan el programa: 64</p> <p>Efectos adversos: NI</p> <p>Intragrupo (pre vs post)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminución peso corporal, IMC y circunferencia de cintura en G1, G2 y G3. - Disminución masa grasa en G1 y G2. - Disminución masa magra en G2. - Incremento colesterol HDL en G1. - Disminución colesterol LDL en G1. - Disminución presión sanguínea sistólica y diastólica disminuyeron en G2. <p>Intergrupo (pre vs post)</p> <ul style="list-style-type: none"> - El peso corporal y el IMC disminuyeron más en G1 comparado con G2 y G3. - La masa grasa y la circunferencia de cintura disminuyeron más en G1 comparado con G2, G3 y GC. - La glucosa plasmática en ayunas disminuyó más en G1 y G2 comparado con el GC en la semana 12.
Bhutani <i>et al.</i> , (2013)	<p>Obesos</p> <p>Tamaño muestral: 83</p> <p>Distribución y edad: G1: 16 (45 ± 5) G2: 16 (42 ± 2) G3: 16 (42 ± 2) GC: 16 (49 ± 2)</p> <p>IMC (kg/m²): G1: 35 ± 1 G2: 35 ± 1 G3: 35 ± 1 GC: 35 ± 1</p>	<p>Duración: 12 semanas</p> <p>G1: Programa de intensidad moderada utilizando bicicletas estacionarias y máquinas elípticas. La duración del entrenamiento se incrementó progresivamente las semanas cuatro, siete y diez en 5 min y un 5% de la FCMáx y se combinó con un ayuno de una duración de cuatro semanas de alimentación controlada consumiendo el 25% de las necesidades energéticas básicas de cada participante en el día de ayuno (24 h) y una ingesta "ad libitum" en el día de ingesta normal (24 h). Las siguientes ocho semanas los sujetos continuaron sin ingesta durante el día de ayuno.</p> <p>G2: Ayuno con un período de cuatro semanas de alimentación controlada consumiendo el 25% de las necesidades energéticas básicas de cada participante en el día de ayuno (24 h) y una ingesta "ad libitum" en el día de ingesta normal (24 h). Las siguientes ocho semanas los sujetos continuaron sin ingesta durante el día de ayuno.</p> <p>G3: Programa de intensidad moderada utilizando bicicletas estacionarias y máquinas elípticas. La duración del entrenamiento se incrementó progresivamente en las semanas cuatro, siete y diez en 5 min y un 5% de la FCMáx.</p> <p>GC: Actividades de la vida diaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Peso (escala de barras de equilibrio) - Masa grasa (bioimpedancia) - Circunferencia de cintura (cinta métrica flexible) - Presión sanguínea sistólica (imágenes por ultrasonido) - Presión sanguínea diastólica (imágenes por ultrasonido) 	<p>Adherencia: NI</p> <p>Abandonos: 19</p> <p>Completan el programa: 64</p> <p>Efectos adversos: NI</p> <p>Intragrupo (pre vs post)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminución peso y circunferencia de cintura en G1, G2 y G3. - Disminución masa grasa en G1 y G2. <p>Intergrupo (pre vs post)</p> <ul style="list-style-type: none"> - El peso corporal disminuyó más en G1 comparado con G2 y G3. - La masa grasa y la circunferencia de cintura disminuyeron más en G1 comparado con G2, G3 y GC.

(continúa)

Primer autor (año)	Muestra	Intervención	Variables analizadas (herramienta de evaluación)	Resultados significativos
Cho et al., (2019)	<p>Con sobrepeso y obesos</p> <p>Tamaño muestral: 112</p> <p>Distribución y edad: G1: 9 (34.5 ± 5.7) G2: 8 (33.5 ± 5.0) G3: 9 (38.6 ± 8.2) GC: 5 (42.6 ± 10.6)</p> <p>IMC (kg/m²): G1: 28.0 ± 2.6 G2: 27.8 ± 3.4 G3: 26.9 ± 3.9 GC: 25.8 ± 3.4</p>	<p>Duración: 8 semanas.</p> <p>G1: Ejercicio de fortalecimiento muscular (40 min, 3 veces/semana) y ejercicio aeróbico (20 min, 2-3 veces por semana) combinados con ayuno que consistía en una consumición del 25% de su ingesta energética diaria recomendada en cada día de ayuno (24 h) y otra "ad libitum" en cada día de ingesta (24 h). En los días de ayuno realizaron una comida entre las 12 PM y las 2 PM para mantener los mismos tiempos de ayuno.</p> <p>G2: Consumición del 25% de su ingesta energética diaria recomendada en cada día de ayuno (24 h) y otra "ad libitum" en cada día de ingesta (24 h). En los días de ayuno realizaron una comida entre las 12 PM y las 2 PM para mantener los mismos tiempos de ayuno.</p> <p>G3: Ejercicio de fortalecimiento muscular (40 min 3 veces por semana) y ejercicio aeróbico (20 min 2-3 veces por semana)</p> <p>GC: Actividades de la vida diaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Peso (balanza de equilibrio) - IMC (kg/m²) - Masa grasa (bioimpedancia) - Porcentaje de grasa (bioimpedancia) - Glucosa plasmática en ayunas - RI (modelo de homeostasis de la resistencia a la insulina – HOMA-IR) - Colesterol total - Colesterol HDL - Colesterol LDL - Triglicéridos - VO_{2max} (protocolo modificado de Bruce) 	<p>Adherencia: NI</p> <p>Abandonos: 81</p> <p>Completan el programa: 31</p> <p>Efectos adversos: NI</p> <p>Intragrupo (pre vs post)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminución peso, IMC y masa grasa en G1, G2 y G3. - Disminución glucosa en G1 y G2. - Disminución triglicéridos en G1. - Aumento del VO_{2max} en G1. <p>Intergrupo (pre vs post)</p> <ul style="list-style-type: none"> - El peso, el IMC y la masa grasa disminuyeron más en G1 y G2 comparado con el GC. - Los niveles de triglicéridos en G2 aumentaron en comparación con G3.
Oh et al., (2018)	<p>Con sobrepeso y obesos</p> <p>Tamaño muestral: 45</p> <p>Distribución y edad: G1: 12 (37.3 ± 7.3) G2: 13 (32.9 ± 7.3) G3: 10 (35.7 ± 7.9) GC: 10 (40.6 ± 10.0)</p> <p>IMC (kg/m²): G1: 27.5 ± 2.6 G2: 27.6 ± 2.8 G3: 28.3 ± 4.1 GC: 26.3 ± 3.0</p>	<p>Duración: 8 semanas</p> <p>G1: Entrenamiento de fuerza y ejercicio aeróbico durante tres días por semana combinado con una estrategia nutricional, que consistió en tres días de ayuno con una ingesta diaria recomendada del 25% (la consumición se realizó entre las 12 PM y las 2 PM) y cuatro días de alimentación "ad libitum".</p> <p>G2: Estrategia nutricional que consistió en tres días de ayuno con una ingesta diaria recomendada del 25% (la consumición se realizó entre las 12 PM y las 2 PM) y cuatro días de alimentación "ad libitum".</p> <p>G3: Programa de entrenamiento compuesto por entrenamiento de fuerza y ejercicio aeróbico durante tres días por semana.</p> <p>GC: Actividades de la vida diaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Peso (bioimpedancia) - IMC (kg/m²) - Circunferencia de cintura (cinta métrica flexible) - Masa grasa, kg (bioimpedancia) - Masa grasa, % (bioimpedancia) - Glucosa plasmática en ayunas - RI (HOMA-IR) - Triglicéridos - Colesterol total - Colesterol HDL-C - Presión sanguínea sistólica (NI) - Presión sanguínea diastólica (NI) 	<p>Adherencia: NI</p> <p>Abandonos: 10</p> <p>Completan el programa: 35</p> <p>Efectos adversos: NI</p> <p>Intragrupo (pre vs post)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminución peso y porcentaje de grasa en G1 y G2. - Disminución IMC y circunferencia de cintura disminuyeron en G1, G2, G3 y GC. - Disminución masa grasa en G1. - Disminución glucosa, RI y triglicéridos en el G1. - Aumento niveles de colesterol HDL en el G1, G3 y GC. <p>Intergrupo (pre vs post)</p> <ul style="list-style-type: none"> - El IMC, la masa grasa y el porcentaje de masa grasa disminuyeron en el G1 comparado con el GC. - Los niveles de triglicéridos disminuyeron en G1 comparado con el G2 y GC.

FC: frecuencia cardíaca; FCMáx: frecuencia cardíaca máxima; GC: grupo control; G1: grupo intervención 1; G2: grupo intervención 2; G3: grupo intervención 3; HDL: lipoproteína de alta densidad; IMC: índice de masa corporal; LDL: lipoproteína de baja densidad; mg: miligramos; min: minutos; NI: no indicado; PM: post meridiem; RI: resistencia a la insulina; SIT: entrenamiento interválico de *sprint*; VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno.

Principales resultados

Comparación de ayuno y ejercicio con solo ayuno o solo ejercicio

Un total de cuatro estudios reportaron resultados significativos en el peso corporal, concluyendo en todos ellos que, tanto la estrategia combinada como la intervención que consistió en solo ayunar, supusieron

un descenso significativo de dicha variable¹³⁻¹⁶, así como la realización de ejercicio en tres de ellos¹³⁻¹⁵. Además, la estrategia combinada se mostró más efectiva en comparación con el resto de grupos¹³⁻¹⁵.

El índice de masa corporal (IMC) se mostró significativo en tres estudios, concluyendo en todos ellos que dicha variable disminuye de forma significativa tras las tres intervenciones¹⁴⁻¹⁶. Por otro lado, en comparación con no tomar ninguna medida, la estrategia combinada

Tabla 2. Resultados de la evaluación de la calidad metodológica empleando la escala "Physiotherapy Evidence Database (PEDro)".

Primer autor, año	Ítems PEDro										Puntuación	Calidad
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Bhutani, 2013	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5/10	Regular
Bhutani, 2013	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	6/10	Buena
Cho, 2019	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5/10	Regular
Oh, 2018	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5/10	Regular

1: asignación aleatoria de sujetos; 2: ocultación de la asignación; 3: comparabilidad inicial; 4: cegamiento de los sujetos; 5: cegamiento de los terapeutas; 6: cegamiento de los evaluadores; 7: seguimiento adecuado; 8: análisis por intención de tratamiento; 9: comparaciones entre grupos; 10: estimaciones de puntuales y variabilidad.

parece la más efectiva^{15,16}, así como en comparación con solo realizar ayuno o solo ejercicio¹⁴.

También se observaron diferencias significativas en la circunferencia de cintura en tres estudios mostrando reducciones tras las tres intervenciones planteadas^{13,14,16}. Además, la estrategia combinada se mostró más efectiva que el resto^{13,14}.

En cuanto a la masa grasa, cuatro estudios mostraron resultados significativos, reportando datos a favor de la estrategia combinada en todos ellos¹³⁻¹⁶. También el hecho de solo ayunar se mostró significativo en tres estudios¹³⁻¹⁵, mientras que el realizar solo ejercicio supuso una reducción significativa de la masa grasa en solo un estudio¹⁵. Además, parece que el grupo combinado obtuvo mejores resultados en comparación con el resto de intervenciones^{13,14} y en comparación solamente con el grupo control¹⁶. El porcentaje de masa grasa solamente se mostró estadísticamente significativo en un estudio, en el cual se encontraron reducciones tras realizar ayuno y ejercicio físico de manera combinada o solo ayuno. Además, la estrategia combinada mostró una mayor reducción significativa en comparación con el grupo control¹⁶. La masa magra también mostró resultados significativos en un estudio, concluyendo que la estrategia de solo ayuno se mostró más efectiva¹⁴.

En otro sentido, se observó una reducción significativa en la glucosa en dos estudios, indicando que la estrategia combinada parece la más efectiva para disminuir sus niveles^{15,16}. Incluso el hecho de realizar solamente ayuno intermitente parece que podría afectar a los niveles de glucosa¹⁵. Un estudio obtuvo resultados significativos en dicha variable, mostrando un descenso tras realizar tanto la estrategia combinada, como el ayuno en comparación con no adoptar ningún tipo de medida¹⁴. También la resistencia a la insulina (RI) mostró una disminución significativa tras esta misma intervención en un estudio¹⁶.

Dos estudios reportaron un aumento del colesterol HDL tras realizar la estrategia combinada^{14,16}. Uno de ellos mostró que el hecho de realizar ejercicio o incluso no adoptar ninguna medida supuso un aumento de esta variable¹⁶. El colesterol LDL disminuyó después de llevar a cabo la estrategia compuesta por ayuno y ejercicio¹⁴.

Tanto la presión arterial sistólica, como la diastólica mostraron descensos significativos en un estudio¹⁴.

Los niveles de triglicéridos se vieron reducidos de forma significativa en dos estudios tras la realización de ayuno y actividad física de manera combinada^{15,16}. Además, esta misma estrategia supone una mayor re-

ducción en comparación con solo ayuno o no adoptar ningún cambio¹⁶. En este sentido, Cho *et al.*¹⁵ mostraron un aumento significativo de esta variable en el grupo que realizó solo ayuno en comparación con el que solamente hizo ejercicio físico.

El consumo máximo de oxígeno aumentó de manera significativa en un estudio tras la realización de ambas estrategias¹⁵.

Calidad metodológica

Tras la evaluación metodológica de los cuatro estudios revisados, se observa que un total de tres estudios^{13,15,16} obtuvieron una puntuación de cinco en la escala PEDro, considerándose "regular". Por otro lado, una investigación consiguió una puntuación de seis en dicha escala, obteniendo la valoración de "buena"¹⁴ (Tabla 2).

Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue revisar sistemáticamente la evidencia científica al respecto de los efectos que tiene en la salud el combinar ejercicio y ayuno, así como determinar si su impacto es mayor que cuando ambas actividades se realizan por separado. Para ello, se incluyeron cuatro ECAs, cuya calidad metodológica osciló entre "regular" y "buena". A través de este tipo de ensayos se puede analizar la efectividad de las intervenciones y examinar las relaciones causa-efecto entre una intervención y su resultado¹⁷. La información aquí presentada es de interés para la toma de decisiones de profesionales del sector médico y deportivo.

Se comparó el ayuno intermitente y ejercicio físico de manera combinada frente a simplemente solo ayunar o solo completar un programa de actividad física en los cuatro ECAs incluidos. Se debe tener en cuenta que los programas de entrenamiento se centraron principalmente en ejercicios de fortalecimiento muscular y actividades de carácter aeróbico submáximo o de intensidad moderada, ya sea de manera conjunta o, en el caso de estas últimas, de manera individual. En el caso del ayuno, este consistió en una restricción alterna donde solo se consumió el 25% de la ingesta energética diaria, ingiriendo alimentos entre las 12:00 y 14:00, así como una comida "ad libitum" el resto de días.

En general, la estrategia combinada supuso un descenso significativo de las variables relacionadas con la composición corporal y se

consideró la mejor intervención en comparación con las demás para tal fin. En el caso del peso, estos datos refuerzan lo concluido por Redman *et al.*¹⁸, quienes mostraron una pérdida de peso mayor en el grupo que realizó ambos métodos. Este hecho podría deberse a que el programa de entrenamiento se llevó a cabo de forma supervisada, lo que pudo aumentar su efectividad y, por lo tanto, adquirir unos resultados mayores. Por otro lado, Keenan *et al.*⁹ reportan cierta inconsistencia en los efectos del ejercicio de fortalecimiento muscular y ayuno intermitente de manera conjunta sobre la composición corporal, concretamente en la masa grasa y en el porcentaje de masa grasa. Además, la realización de ayuno intermitente de manera individual también supuso una mejora de la composición corporal a través de las variables ya mencionadas. Estos resultados siguen la línea de lo comentado previamente por Tinsley & La Bounty⁶, que concluyen que el ayuno intermitente parece una estrategia a tener en cuenta antes que la restricción calórica diaria en individuos interesados en mejorar su composición corporal y su salud en general. Aunque bien es cierto que estas conclusiones parecen ser contrarias a las reportadas en otros trabajos que no observaron mejoras en la composición corporal tras utilizar el ayuno intermitente en días alternos o el ayuno de día completo^{19,20}. El ejercicio físico como estrategia individual también resultó una intervención relevante a la hora de mejorar la composición corporal, principalmente sobre el peso, el IMC y la circunferencia de cintura. Contrariamente, la masa magra mostró un descenso significativo tras realizar ayuno intermitente durante 12 semanas, algo que contrasta con los resultados obtenidos por Keenan *et al.*⁹, que observaron un mantenimiento de dicha variable tras realizar la estrategia de manera combinada.

En cuanto al colesterol, es reconocido que alteraciones en su metabolismo se consideran predictoras de desarrollar patologías cardiovasculares²¹. En este trabajo se concluyó que los niveles de colesterol HDL se vieron aumentados tras adoptar intervenciones en las que el ejercicio tome un papel principal, ya sea de manera combinada con el ayuno o individualmente. Esto concuerda con lo ya observado en otras investigaciones²²⁻²⁴ aunque los resultados no parecen consistentes en otros estudios²⁵. Los datos sobre el colesterol LDL contrastan en las investigaciones incluidas en este trabajo, ya que solamente una de ellas reportó un descenso significativo tras la intervención combinada.

Por otro lado, la estrategia combinada también supuso una disminución de los niveles de glucosa y triglicéridos, así como de RI, sugiriendo que la restricción calórica en combinación con el ejercicio es el mejor método para reducir niveles de estas variables¹⁶. Además, los resultados de la presión sanguínea en una investigación, tanto sistólica como diastólica contrastan con el resto de estudios incluidos en este trabajo, ya que se encontró una disminución de sus valores en el grupo que realizaba ayuno de manera individual.

Por último, es necesario aclarar que este trabajo presenta una serie de limitaciones para tener en cuenta a la hora de interpretar los resultados obtenidos. Por un lado, el número de estudios que cumplieren los criterios de inclusión fue reducido. Además, la heterogeneidad presentada por tales investigaciones dificulta la extracción de conclusiones firmes. También parece necesario recalcar que la calidad metodológica de los estudios se situó entre “regular” y “buena”. En tres de los estudios revisados¹⁴⁻¹⁶ la asignación de los sujetos fue oculta. El mismo número

de investigaciones¹³⁻¹⁶ no tuvieron un seguimiento adecuado. Además, todas las investigaciones coincidieron en que tanto evaluadores, como terapeutas o sujetos no fueron cegados. Así, el tamaño muestral de los estudios fue reducido en la mayoría de los trabajos incluidos. Finalmente, las intervenciones fueron consideradas a corto plazo, por lo que los efectos a largo plazo que pudieran tener las intervenciones analizadas requieren mayor investigación.

Conclusión

La estrategia combinada de ejercicio físico y ayuno intermitente parece ser un método efectivo para mejorar la salud de las personas a través de variables relacionadas con la composición corporal, así como con el nivel de glucosa, colesterol y triglicéridos. Son necesarias futuras investigaciones con diseños más robustos y que analicen los efectos del ayuno intermitente y el ejercicio físico a largo plazo.

Conflictos de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. World Health Organization. Guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organization, 2020 (consultado 08/10/2020). Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>
2. Ekelund U, Brown WJ, Steene-Johannessen J, Fagerland MW, Owen N, Powell KE, *et al.* Do the associations of sedentary behaviour with cardiovascular disease mortality and cancer mortality differ by physical activity level? A systematic review and harmonised meta-analysis of data from 850 060 participants. *Br J Sports Med.* 2019;53:886–94.
3. Arem H, Moore SC, Patel A, Hartge P, Berrington De Gonzalez A, Visvanathan K, *et al.* Leisure time physical activity and mortality: A detailed pooled analysis of the dose-response relationship. *JAMA Intern Med.* 2015;175:959–67.
4. Welton S, Minty R, Willms H, Poirier D, Madden S, Kelly L. Systematic review - Intermittent fasting and weight loss. *Can Fam Physician.* 2020;66:117–25.
5. Ganesan K, Habboush Y, Sultan S. *Intermittent Fasting: The Choice for a Healthier Lifestyle.* Cures. 2018;10.
6. Tinsley GM, La Bounty PM. Effects of intermittent fasting on body composition and clinical health markers in humans. *Nutr Rev.* 2015;73:661–74.
7. Obert J, Pearlman M, Obert L, Chapin S. Popular Weight Loss Strategies: a Review of Four Weight Loss Techniques. *Curr Gastroenterol Rep.* 2017;19:17–20.
8. Vieira AF, Costa RR, Macedo RCO, Coconcelli L, Kruel LFM. Effects of aerobic exercise performed in fasted v. fed state on fat and carbohydrate metabolism in adults: A systematic review and meta-analysis. *Br J Nutr.* 2016;116:1153–64.
9. Keenan S, Cooke MB, Belski R. The effects of intermittent fasting combined with resistance training on lean body mass: A systematic review of human studies. *Nutrients.* 2020;12:1–17.
10. Aird TP, Davies RW, Carson BP. Effects of fasted vs fed-state exercise on performance and post-exercise metabolism: A systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sport.* 2018;28:1476–93.
11. Levy E, Chu T. Intermittent fasting and its effects on athletic performance: A review. *Curr Sports Med Rep.* 2019;18:266–9.
12. Sanchez-Lastra MA, Miller KJ, Martínez-Lemos RI, Giráldez A, Ayán C. Nordic walking for overweight and obese people: A systematic review and meta-analysis. *J Phys Act Heal.* 2020;17:762–72.
13. Bhutani S, Klempel MC, Kroeger CM, Trepanowski JF, Phillips SA, Norkeviciute E, *et al.* Alternate day fasting with or without exercise: Effects on endothelial function and adipokines in obese humans. *Espen J.* 2013;8:205–9.

14. Bhutani S, Klempel MC, Kroeger CM, Trepanowski JF, Varady KA. Alternate day fasting and endurance exercise combine to reduce body weight and favorably alter plasma lipids in obese humans. *Obesity*. 2013;21:1370–9.
15. Cho AR, Moon JY, Kim S, An KY, Oh M, Jeon JY, et al. Effects of alternate day fasting and exercise on cholesterol metabolism in overweight or obese adults: A pilot randomized controlled trial. *Metabolism*. 2019;93:52–60.
16. Oh M, Kim S, An KY, Min J, Yang HI, Lee J, et al. Effects of alternate day calorie restriction and exercise on cardio-metabolic risk factors in overweight and obese adults: An exploratory randomized controlled study. *BMC Public Health*. 2018;18:1–10.
17. Hariton E, Locascio JJ. Randomised controlled trials – the gold standard for effectiveness research: Study design: randomised controlled trials. *BJOG An Int J Obstet Gynaecol*. 2018;125:1716.
18. Redman LM, Heilbronn LK, Martin CK, Alfonso A, Smith SR, Ravussin E. Effect of calorie restriction with or without exercise on body composition and fat distribution. *J Clin Endocrinol Metab*. 2007;92:865–72.
19. Varady KA. Intermittent versus daily calorie restriction: Which diet regimen is more effective for weight loss? *Obes Rev*. 2011;12:593–601.
20. Ash S, Reeves MM, Yeo S, Morrison G, Carey D, Capra S. Effect of intensive dietetic interventions on weight and glycaemic control in overweight men with Type II diabetes: A randomised trial. *Int J Obes*. 2003;27:797–802.
21. Seo HS, Choi MH. Cholesterol homeostasis in cardiovascular disease and recent advances in measuring cholesterol signatures. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 2015;153:72–9.
22. Guo W, Kawano H, Piao L, Itoh N, Node K, Sato T. Effects of aerobic exercise on lipid profiles and high molecular weight adiponectin in Japanese workers. *Intern Med*. 2011;50:389–95.
23. Stasiulis A, Mockiene A, Vizbaraitė D, Mockus P. Aerobic exercise-induced changes in body composition and blood lipids in young women. *Medicina (Kaunas)*. 2010;46:129–34.
24. Durstine JL, Haskell WL. Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1994;22:477–521.
25. Nieman DC, Brock DW, Butterworth D, Utter AC, Nieman CC. Reducing Diet and/or Exercise Training Decreases the Lipid and Lipoprotein Risk Factors of Moderately Obese Women. *J Am Coll Nutr*. 2002;21:344–50.



XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE

UNIVERSIDAD, CIENCIA Y MEDICINA AL SERVICIO DEL DEPORTE



Nueva fecha
25-27 de noviembre de 2021

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

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

XVIII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

Fecha

25-27 de Noviembre de 2021

Lugar

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

Secretaría Científica

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

Secretaría Técnica

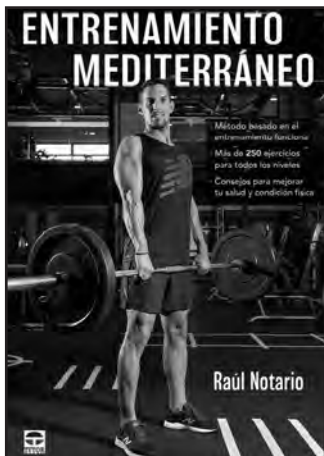
Viajes El Corte Inglés S.A.
División Eventos Deportivos
C/ Tarifa, nº 8. 41002 Sevilla
Teléfono: + 34 954 50 66 23
Correo electrónico: areaeventos@viajesece.es
Personas de contacto: Marisa Sirodey y Silvia Herreros

SESIONES PLENARIAS Y PONENCIAS OFICIALES

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

Idioma oficial

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



ENTRENAMIENTO MEDITERRÁNEO

Un método para mejorar tu condición física y tu salud. ¡Si quieres, puedes!

ISBN: 978-84-16676-96-5
Referencia: 502140
Editorial: Tutor
Encuadernación: Rústica
Nº páginas: 272
Formato: 17 x 24 cm
Precio sin IVA: 28,80 €
Precio con IVA: 29,95 €
Autor: Raúl Notario

De todos es sabido que la dieta mediterránea está considerada una de las mejores y más saludables formas de alimentarse en el mundo. De hecho, el concepto mediterráneo está asociado, por muchos, a un estilo de vida saludable: ejercicio, descanso y buena alimentación.

Este libro presenta el método de su autor, Raúl Notario, basado en el entrenamiento funcional. Aborda con rigor y especificidad cada uno de los pilares en los que se fundamenta una vida sana, con lenguaje cotidiano, haciéndolo accesible a los profesionales

de las Ciencias del Deporte y a todos los que buscan mejorar su condición física, salud y calidad de vida.

En sus 11 capítulos hallarás información y consejos para mejorar tu condición física, tu descanso y, en definitiva, tu salud. También encontrarás más de 250 ejercicios para todos los niveles y situaciones, ilustrados con más de 500 fotografías, así como propuestas prácticas para configurar tus propias rutinas de entrenamiento.

Prólogo de David Guapo y Epílogo de Santiago Segura.



NUTRICIÓN DEPORTIVA BASADA EN ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

Nutrición vegetariana al alcance de todos

ISBN: 978-84-16676-94-1
Referencia: 500678
Editorial: Tutor
Encuadernación: Rústica
Nº páginas: 384
Formato: 17 x 24 cm
Precio sin IVA: 38,41 €
Precio con IVA: 39,95 €
Autores: Enette Larson-Meyer y Matt Ruscigno

¡Consigue los beneficios basados en los alimentos de origen vegetal! Únete a los miles de corredores, culturistas y deportistas de, prácticamente, cualquier disciplina que confían en los alimentos y bebidas elaborados sin productos de origen animal. En este libro, los autores combinan décadas de investigaciones basadas en evidencias con su experiencia personal, trabajando con –y como– deportistas veganos y vegetarianos, para ofrecerte una fidedigna y completa explicación de cómo, cuándo y por qué necesitas un plan de ingesta de nutrientes, con el que hacer una provisión nutricional adecuada durante tu programa de entrenamiento y de competición.

Aprende cómo obtener las cantidades adecuadas de todos los ma-

cronutrientes esenciales, vitaminas y minerales, a la vez que cubres tus necesidades calóricas personales. Consigue información sobre las keto dietas, consejos para optimizar tu salud ósea y tu ingesta de hierro, así como las instrucciones para elaborar tus propias bebidas de reposición de fluidos. Sigue la inspiración de los atletas que comparten cómo tuvieron éxito en sus deportes siguiendo un modo de alimentarse basado en alimentos de origen vegetal. Disfruta con las recetas para entrenar, competir y cubrir tus necesidades nutricionales diarias, y utiliza los planes de comida personalizados y las estrategias de entrenamiento para aportar el combustible adecuado a tu cuerpo.



UN PSICÓLOGO EN TU EQUIPO

Futbolistas de la cabeza a los pies

ISBN: 978-84-16676-98-9
Referencia: 500680
Editorial: Tutor
Encuadernación: Rústica
Nº páginas: 96
Formato: 15 x 23 cm
Precio sin IVA: 12,02 €
Precio con IVA: 12,50 €
Autor: Emilio González Nosti

El fútbol se exterioriza en los pies, pero comienza en la cabeza. Para ser un jugador extraordinario, es decir, de los pies a la cabeza, el orden del procesamiento es a la inversa, de la cabeza a los pies. En deporte nos han mostrado cómo medir y entrenar todas las fuerzas y habilidades posibles: velocidad, explosividad, fuerza máxima... Pero nadie, hasta ahora, nos ha enseñado a entrenar la única fuerza que mueve el mundo, la de la voluntad, generada por el "músculo" más potente, el cerebro.

Este libro explica, desde la experiencia de su autor, Emilio González

Nosti, cómo trabajar eficazmente aspectos psicológicos de los futbolistas de todos los niveles: desde fútbol base hasta profesionales, y aplicable a todas las disciplinas deportivas de equipo. Aborda, entre otros, aspectos como: pretemporada, capitanes, preparar psicológicamente al equipo para competir, entrenamientos, en el partido, dinámicas, suplentes y gestión del talento.

Prólogo de Joaquín Alonso y Epílogo de Joaquín Valdés.

Cursos on-line SEMED-FEMEDE

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

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

Curso "ANTROPOMETRÍA PARA SANITARIOS. ASPECTOS TEÓRICOS"

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

Curso "PREVENCIÓN DEL DOPAJE PARA MÉDICOS"

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

Curso "PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO FÍSICO PARA PACIENTES CRÓNICOS"

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

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

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

Curso "FISIOLOGÍA Y VALORACIÓN FUNCIONAL EN EL CICLISMO"

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

Curso "CARDIOLOGÍA DEL DEPORTE"

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

Curso "ELECTROCARDIOGRAFÍA PARA MEDICINA DEL DEPORTE"

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

Curso "AYUDAS ERGOGÉNICAS"

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

Curso "ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN E HIDRATACIÓN EN EL DEPORTE"

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

Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE"

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

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

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

Más información:
www.femede.es

Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

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

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

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

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

Envío de manuscritos

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

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

Después se escribirá el texto del trabajo y la bibliografía.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- i. **Declaración de conflicto de intereses.** Cuando exista alguna relación entre los autores de un trabajo y cualquier entidad pública o privada de la que pudiera derivarse un conflicto de intereses, debe de ser comunicada al Editor. Los autores deberán cumplimentar un documento específico.
En el sistema de gestión editorial de la revista se encuentran modelos de los documentos anteriores.
4. La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:
 - a. **Originales:** Máximo de 5.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
 - b. **Revisión:** Máximo de 5.000 palabras, 5 figuras y 4 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el Editor de la revista.
 - c. **Editoriales:** Se realizarán por encargo del comité de redacción.
 - d. **Cartas al Editor:** Máximo 1.000 palabras.
5. **Estructura del texto:** variará según la sección a la que se destine:
 - a. **ORIGINALES:** Constará de una **introducción**, que será breve y contendrá la intencionalidad del trabajo, redactada de tal forma que el lector pueda comprender el texto que le sigue. **Material y método:** Se expondrá el material utilizado en el trabajo, humano o de experimentación, sus características, criterios de selección y técnicas empleadas, facilitando los datos necesarios, bibliográficos o directos, para que la experiencia relatada pueda ser repetida por el lector. Se describirán los métodos estadísticos con detalle. **Resultados:** Relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y método empleados. Estos datos pueden publicarse en detalle en el texto o bien en forma de tablas y figuras. **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 Reededucation*. 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/>.

Hoja de inscripción a SEMED-FEMEDE 2021

Nombre Apellidos DNI

Calle N° C.P.

Población Provincia

Tel. Fax e-mail Titulación

La cuota anual de SEMED-FEMEDE

- 75€**
Incluye la recepción de los seis números anuales de la **Revista Archivos de Medicina del Deporte** y pertenecer a SEMED-FEMEDE
- 99€**
Incluye lo anterior y pertenecer a una Asociación regional que rogamos señale a continuación
- Andalucía (AMEFDA) Canarias Cataluña EKIME (P. Vasco)
- Andalucía (SAMEDE) Cantabria Galicia Rioja
- Aragón Castilla La Mancha Murcia Valencia
- Baleares Castilla León Navarra
- 30€**
Estudiantes de Ciencias de la Salud (a justificar)
MIR en Medicina del Deporte (a justificar)

Orden de pago por domiciliación bancaria

Nombre y apellidos DNI

Sr. Director del Banco o Caja

Oficina Sucursal Calle N°

Población Provincia C.P.

Le ruego cargue anualmente en mi cuenta N°

Entidad	Oficina	D.C.	N° Cuenta o Libreta
---------	---------	------	---------------------

Firma titular

.....

Fecha

.....

RECORTE POR LA LÍNEA DE PUNTOS Y ENVÍE EL BOLETÍN A LA SIGUIENTE DIRECCIÓN

Sociedad Española de Medicina del Deporte C/ Cánovas nº 7, bajo. 50004 Zaragoza Teléfono: 976 02 45 09

Hoja de suscripción a Archivos de Medicina del Deporte 2021

- Importe suscripción (Dto. librerías 20%)**
- 120€ España (IVA incluido) 175€ Internacional (excepto Europa) Deseo recibir un ejemplar de muestra sin cargo
- 130€ Europa
- Para suscripciones institucionales consultar precios

Dirección de envío

Nombre Apellidos DNI

Calle N° Piso C.P.

Población Provincia País

Tel. Fax E-mail Especialidad.....

Forma de pago

- Adjunto cheque nº a nombre de Esmón Publicidad por euros.
- Transferencia bancaria Domiciliación bancaria

Titular DNI

Firma titular

.....

Fecha

.....

Entidad	Oficina	D.C.	N° Cuenta o Libreta
---------	---------	------	---------------------

RECORTE POR LA LÍNEA DE PUNTOS Y ENVÍE EL BOLETÍN A LA SIGUIENTE DIRECCIÓN

Archivos de Medicina del Deporte: Balmes 209, 3º 2ª. 08006 Barcelona. Tel: +34 93 2159034



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.



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