

Archivos

de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte



ORIGINALES

Effects of three water-based resistance trainings on maximal strength, rapid strength and muscular endurance of sedentary and trained older women

Volume load and efficiency with different strength training methods

Variables psicosociales, físicas y antropométrica en escolares chilenos. Un estudio comparativo según niveles de actividad física

Interchangeability of two tracking systems to register physical demands in football: multiple camera video versus GPS technology

Efectos de un programa de ejercicio físico propioceptivo sobre el equilibrio en jóvenes patinadores entre los 11 y 15 años

REVISIONES

Métodos de entrenamiento propioceptivos como herramienta preventiva de lesiones en futbolistas: una revisión sistemática

Acute effects of heat on health variables during continuous exercise and their comparison with normal and cold conditions: A systematic review

SMD
Sociedad Española de Medicina del Deporte

AEPSAD
AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN
DE LA SALUD EN EL DEPORTE

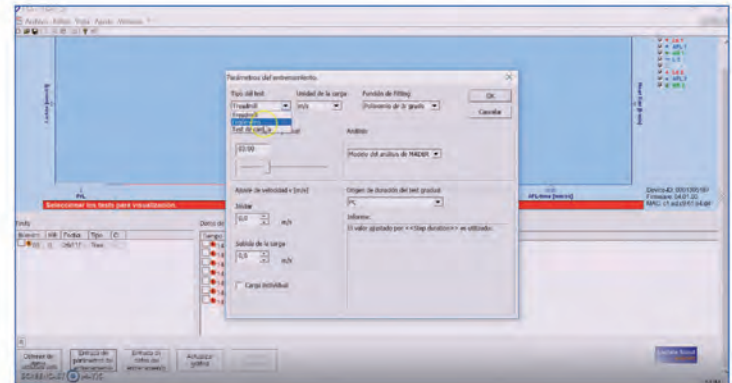
CSO
Consejo Superior de Deportes



NUEVO ANALIZADOR PORTÁTIL DE LACTATO Lactate Scout 4



- Volumen de muestra: 0.2 µl.
- Resultados en 10 segundos
- Calibración automática
- Conexión PC vía Bluetooth
- Software de análisis Lactate Scout Assistant (en presentaciones Start y Maletín)
- Compatible con las tiras reactivas actuales.

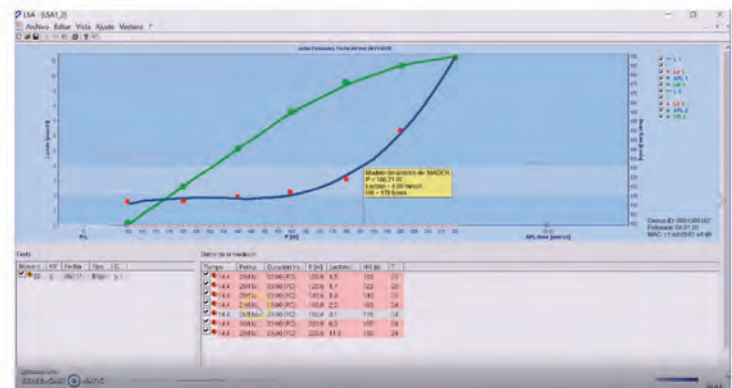


Nuevas Características

- Memoria de hasta 500 resultados
- Nueva pantalla para facilitar la visualización
- Diseño más pequeño, más ligero, más robusto

Gran Conectividad:

- Conexión a monitores de ritmo cardíaco compatibles
- App Android disponible próximamente





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

José Naranjo Orellana

Edita

Sociedad Española de Medicina del Deporte

Iturrrama, 43 bis.

31007 Pamplona. (España)

Tel. 948 267 706 - Fax: 948 171 431

femede@femede.es

www.femede.es

Correspondencia:

Ap. de correos 1207

31080 Pamplona (España)

Publicidad

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

Publicación bimestral

Un volumen por año

Depósito Legal

Pamplona. NA 123. 1984

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 Revista Archivos de Medicina del Deporte ha obtenido el Sello de Calidad en la V Convocatoria de evaluación de la calidad editorial y científica de las revistas científicas españolas, de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

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.

Dirijase 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

M^a Ángeles Artázcoz Bárcena

Adjunto a dirección

Oriol Abellán Aynés

Comité Editorial

Norbert Bachl. Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Ramón Balias Matas.** Consell Catalá de l'Esport. Generalitat de Catalunya. España. **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. **Demetri Constantinou.** University of the Witwatersrand. Johannesburg. Sudáfrica. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franchek Drobic 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). **Pablo Jorge Marcos Pardo.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **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.** Subdirector Adjunto del Gabinete del Consejo Superior de Deportes. España. **Juan Ramón Valentí Nin.** Universidad de Navarra. España. **José Antonio Villegas García.** Académico de número de la Real Academia de Medicina de Murcia. España. **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza.



UCAM
UNIVERSIDAD
CATOLICA DE MURCIA



ANALIZADOR de LACTATO

LACTATE PLUS

CÓMODO

El analizador Lactate Plus no necesita calibración

RÁPIDO

Tiempo de medición de 13 segundos. Sólo requiere 0.7 microlitros de sangre

PRECISO

Numerosos estudios demuestran la exactitud del Lactate Plus


ECONÓMICO

Coste por Análisis significativamente más bajo que en otras marcas



Laktate

www.laktate.com

619 284 022 



Archivos

de medicina del deporte

Volumen 36(3) - Núm 191. Mayo - Junio 2019 / *Mai - June 2019*

Sumario / Summary

Editorial

¿Realmente estudiamos al deportista de resistencia de élite?

Do we really study the elite endurance athlete?

Francisco Javier Calderón Montero 134

Originales / Original articles

Effects of three water-based resistance trainings on maximal strength, rapid strength and muscular endurance of sedentary and trained older women

Efectos de tres entrenamientos de fuerza en el medio acuático en la fuerza máxima, fuerza rápida y la resistencia muscular de mujeres mayores sedentarias y entrenadas

Thaís Reichert, Rodrigo S. Delevatti, Alexandre K. G. Prado, Natália C. Bagatini, Nicole M. Simmer, Andressa P. Meinerz,

Bruna M. Barroso, Rochelle R. Costa, Ana C. Kanitz, Luiz F. M. Kruel 138

Volume load and efficiency with different strength training methods

Carga de volumen y eficiencia con diferentes métodos de entrenamiento de fuerza

Igor Nasser, Diego Costa Freitas, Gabriel Andrade Paz, Jeffrey M. Willardson, Humberto Miranda.....145

Variables psicosociales, físicas y antropométrica en escolares chilenos. Un estudio comparativo según niveles de actividad física

Psychosocial, physical and anthropometric variables in Chilean schoolchildren. A comparative study according Physical Activity levels

Pedro Delgado-Floody, Constanza Palomino-Devia, Christianne Zulic-Agramunt, Felipe Caamaño-Navarrete, Iris Paola Guzman-Guzman,

Alfonso Cofre-Lizama, Mauricio Cresp-Barría, Daniel Jerez-Mayorga.....151

Interchangeability of two tracking systems to register physical demands in football: multiple camera video versus GPS technology

Intercambiabilidad de dos sistemas de seguimiento para registrar las demandas físicas en el fútbol: video cámara múltiple versus tecnología GPS

Julen Castellano, David Casamichana, Miguel Angel Campos-Vázquez, Argia Langarika-Rocafort.....157

Efectos de un programa de ejercicio físico propioceptivo sobre el equilibrio en jóvenes patinadores entre los 11 y 15 años

Effects of a proprioceptive physical exercise program on balance in young skaters between 11 to 15 years

Sandra Pinzón Romero, José A. Vidarte Claros, Juan C. Sánchez Delgado166

Revisiones / Reviews

Métodos de entrenamiento propioceptivos como herramienta preventiva de lesiones en futbolistas: una revisión sistemática

Proprioceptive training methods as a tool for the prevention of injuries in soccer players: a systematic review

Álvaro Cristian Huerta Ojeda, Diego Alejandro Casanova Sandoval, Guillermo Daniel Barahona Fuentes.....173

Acute effects of heat on health variables during continuous exercise and their comparison with normal and cold conditions:

A systematic review

Efectos agudos del calor sobre variables de salud durante el ejercicio continuo en comparación con condiciones normales y frías:

Una revisión sistemática

Oriol Abellán-Aynés, Daniel López-Plaza, Carmen Daniela Quero Calero, Marta Isabel Fernández Calero, Luis Andreu Caravaca,

Fernando Alacid.....181

Libros / Books 188

VIII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte 189

Agenda / Agenda 192

Normas de publicación / Guidelines for authors 196

¿Realmente estudiamos al deportista de resistencia de élite?

Do we really study the elite endurance athlete?

Francisco Javier Calderón Montero

Especialista en medicina de la educación física y del deporte. INEF-Universidad Politécnica de Madrid.

Son muchos los investigadores que indican en sus trabajos que la población estudiada en deportes de resistencia es de élite. Como ejemplo, una búsqueda sencilla con los términos “élite athletic OR elite athlete AND endurance”, muestra un total de 2060 registros sin delimitar lugar donde estén cualquiera de las palabras, 4 si están en el título y 48 si se localizan en el título o resumen. Restringiendo la búsqueda al 2018, se encuentran 173, ningún registro y 5, en cualquier lugar del texto, en el resumen y en el resumen y título, respectivamente.

El hecho de acotar la búsqueda a los deportes de resistencia, obedece a que es, en estos, dónde se produce el mayor nivel de integración fisiológica. El consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) es un parámetro central del rendimiento en deportes de resistencia. Se alcanza el VO_{2max} cuando todos los componentes del Sistema de Aporte de Oxígeno (SAO)¹, se encuentran funcionalmente al máximo de sus posibilidades. Naturalmente, hay que ser consciente que este parámetro no es determinante para ganar una medalla olímpica, pero fisiológicamente es el paradigma del funcionamiento integrado del organismo.

¿Verdaderamente los deportistas analizados en diversos estudios e investigaciones se pueden realmente considerar de élite? Entendemos que un deportista de resistencia para considerarlo de élite, debe de tener un VO_{2max} superior a 60 ml/Kg/min. Considerando como paradigma de atletas de resistencia a los corredores de maratón, los valores de estos están comprendidos entre 4,15-4,30 L/min o 68,4-80,2 ml/Kg/min. Aunque realmente no pudieran alcanzar todos los criterios de VO_{2max} y por tanto ser de VO_{2pico} , la realidad es que cualquier deportista que no alcance valores próximos a los indicados no se puede considerar de élite.

Como ejemplo, de los 173 registros consultados en el 2018, en alguno de los estudios no se caracteriza la muestra, de manera que, difícilmente, se puede establecer como población de élite. En otros estudios, por no entrañar ninguna metodología cruenta, pueden ser

deportistas de élite, aunque no se haga referencia a las características fisiológicas. Estas dos consideraciones indican la relevancia de los estudios, siempre referida estrictamente a si pueden o no contribuir al conocimiento relativo a la respuesta máxima fisiológica del organismo de un deportista de élite. En ningún caso se resta importancia a los objetivos de cada uno de los estudios. La realidad es que en los estudios consultados no se justifica adecuadamente que la población sea de élite.

¿Cuáles pueden ser las razones por las que no se estudia al deportista de élite en investigación? En mi opinión, son las siguientes:

- Generalmente, el investigador no aporta al entrenador información relativa al rendimiento de su deportista ni en el momento de realizar el estudio ni sus perspectivas de futuro.
- En ocasiones, al realizar determinadas pruebas que el investigador propone, el deportista puede aumentar el riesgo de lesiones.
- Las condiciones del entrenamiento de élite no pueden ni deben ser alteradas por un estudio de investigación.

Cuando un deportista de resistencia se está jugando lograr un determinado objetivo (olimpiadas, campeonatos del mundo, campeonatos de Europa), todas las razones enunciadas determinan que los entrenadores “huyan” de cualquier propuesta de investigación. Ni siquiera aquellos entrenadores que tienen una sólida formación en fisiología del ejercicio, que podría interesarles, autorizan a que sus deportistas intervengan en estudios de investigación. La “recompensa” es nula en relación sobre todo a los riesgos que pueden tener sus deportistas al intervenir en un estudio de investigación. Lo interesante para el entrenador y el deportista sería conocer “fisiológicamente” el estado de forma óptimo, para así comprender las adaptaciones provocadas por el entrenamiento. Es necesario tener presente que el estado óptimo de forma se produce en un tiempo muy breve (20-30 días), pero alcanzarlo en el momento adecuado estriba la diferencia.

Correspondencia: Francisco Javier Calderón Montero
E-mail: franciscojavier.calderon@upm.es

Sólo dos condiciones pueden determinar que los deportistas de resistencia constituyan población de estudios de investigación: 1ª) riesgo para su salud y 2ª) que, hipotéticamente, pueda suponer un beneficio en el rendimiento. Por ejemplo, en cardiología del deporte se realizan numerosos estudios con deportistas de élite para conocer posibles causas de muerte súbita y como prevenirlas en el deporte y estudios para ver la repercusión fisiopatológica del entrenamiento intenso. En cualquier caso, cualesquiera de las dos condiciones indicadas no incumplen ninguna de las razones dadas anteriormente por las que considero que *los atletas de élite no son población de estudio*.

1. *El investigador no aporta información relevante al entrenador.* Los parámetros fisiológicos más frecuentes para valorar el rendimiento en deportes de resistencia son VO_{2max} y la transición aeróbica-anaeróbica. Dos cuestiones relevantes son las que se enuncian a continuación: 1ª) ¿Se producen cambios de estos dos parámetros durante una temporada o diversas temporadas en deportistas de resistencia de élite? y 2ª) ¿Tienen suficiente sensibilidad los métodos de determinación de estos dos parámetros para evaluar al deportista de élite?

En un artículo de revisión Benito *et al*² indican que el VO_{2max} experimenta una variación muy pequeña a lo largo de una temporada, si bien es cierto que los valores más elevados se encuentran cuando los deportistas están "más entrenados". Pero es necesario tener presente, las variaciones intra-individuales diarias en los valores de VO_{2max} pueden alcanzar del 4 al 15 % dependiendo de la intensidad alcanzada y de sensibilidad de aparatos de medición. Así, indicar que un determinado deportista tiene un valor de sO_{2max} elevado no tiene ninguna trascendencia para el entrenador, pues los métodos de medición no discriminan pequeñas variaciones de rendimiento mediante un parámetro integrador. El entrenador obtiene más información de su deportista mediante métodos más sencillos, pero más prácticos, tales como la velocidad de carrera, la potencia crítica y el umbral láctico. Todos estos parámetros los puede obtener sin necesidad de asumir riesgos innecesarios. En la actualidad, el desarrollo tecnológico ha permitido realizar "pruebas de esfuerzo", denominadas "pruebas de campo", porque se llevan a cabo en el propio entorno del deportista. Aunque, indudablemente, están sujetas a los mismos problemas que los aparatos de análisis de intercambio respiratorio de sobremesa, pueden aportar algunas respuestas y soluciones a los interrogantes de los entrenadores.

Por otra parte, como señalan Benito *et al*², la transición aeróbica-anaeróbica experimenta una oscilación considerable entre diferentes estados de entrenamiento. En la revisión realizada por estos autores, el umbral ventilatorio 1 (VT1) estaba comprendido entre 0,5 % y el 22 % y el umbral ventilatorio 2 (VT2) entre el 2,5 al 12,8 %. Mayor variación, se encontró en el umbral láctico (0 % al 36,8 %). Estas diferencias se atribuyen a la diferente denominación del proceso de transición aeróbica-anaeróbica y a la metodología de determinación. De esta revisión destaca el trabajo realizado con ciclistas profesionales³. La variación experimentada entre diferentes periodos medidos era inferior al 2 %. Lo relevante de este trabajo de tesis doctoral fue que no se encontraron diferencias significativas entre el estado de forma óptimo y unos meses antes, aunque sí con la situación inicial de la temporada.

2. *Aumento de la probabilidad de lesiones y adaptación del estudio de investigación a la planificación.* Relacionado con el argumento anterior, los deportistas de élite y entrenadores, no puede asumir el

riesgo de lesionarse al realizar, por ejemplo, una prueba de esfuerzo máxima. Por ejemplo, aunque hay cintas rodantes adaptadas a los deportistas, ninguna reúne dos requisitos obvios: 1º) seguridad de que una inadecuada zancada puede ocasionar una lesión de diversa gravedad y 2ª) la biomecánica de la carrera difiere notablemente de la que se realiza en el terreno; en el primer caso, los apoyos son para no retroceder, mientras que, en la realidad, los apoyos son para avanzar. Desde el punto de vista de la neurofisiología, es decir, del control del movimiento, un abismo.

A este problema, hay que añadir la especificidad del deporte de resistencia. El paradigma de especificidad lo constituye la natación. Sólo se ha desarrollado un "ergómetro específico" para la natación, conocido como *swimming flume*. Pero con independencia del elevado coste económico de este aparato, el problema biomecánico de la cinta es aún más notable. No es de extrañar, entonces, que los deportistas no se esfuercen al realizar un determinado test y lleven a cabo pruebas, claramente submáximas. Cuando un deportista realiza anualmente un reconocimiento médico-deportivo, en el que se incluye la prueba de esfuerzo con análisis de intercambio de gases respiratorios, habría que cuestionarse, desde el punto de vista de valoración del rendimiento, si los datos aportados tienen relevancia para el deportista y su entrenador a la hora de aplicarlos al entrenamiento.

Cualquier propuesta de investigación con deportistas de élite tiene inevitablemente que adaptarse a la planificación temporal. Así, por ejemplo, un deportista tiene programada una estancia en altura en la que la carga de entrenamiento es moderada, no puede someterse a un estudio en el que se proponga un entrenamiento de alta intensidad. Así mismo, cuando un deportista se encuentra en su estado de forma óptimo, no es conveniente realizar una prueba máxima, de manera que son escasos los datos "fisiológicos" en estado de forma óptimo o muy bueno.

En resumen, es excepcional que la población de deportistas de élite sea realmente objeto de estudio de los investigadores. Desde el punto de vista fisiológico, la ciencia no posee los instrumentos de medida suficientemente precisos como para caracterizar no sólo al campeón olímpico o mundial, sino a cualquier finalista. Por otra parte, conocer datos "fisiológicos relevantes" cuando el deportista de élite alcanza la forma, metodológicamente es complejo de llevar a cabo en una investigación. Además, el riesgo de lesionarse y alterar la programación hace prácticamente inviable la "experimentación con la élite". Como resumen, dos ejemplos que han quedado grabados en mi memoria.

El extraordinario atleta, Kenenisa Bekele, realizó una impresionante prueba de 10.000, llevando un ritmo alto (13 min 40 seg en el 5.000), pero ser capaz de realizar el último kilómetro en un impresionante tiempo (2 min 30 seg). Mientras miraba por la televisión la carrera me preguntaba "¿de dónde sacara la energía para realizar este impresionante cambio de ritmo?". Inmediatamente, también pensé que, suponiendo que tuviera la utópica oportunidad de estudiarlo, "hacerle una prueba de esfuerzo, incluso simulada al 10.000, para nada serviría": Ni resolvería mis dudas ni aportaría nada ni a él ni a su entrenador, al reducir mi información a la banalidad de que era muy bueno.

Por otra parte, en una ocasión tuve la oportunidad de valorar a un ciclista, el cual, posteriormente, fue campeón de tour de Francia en dos ocasiones. Lo vi de joven, apenas con 16 años. Todavía recuerdo las

palabras coloquiales de su, entonces, entrenador-descubridor: “*Javier este chico es pata negra*”. ¿Qué elementos de juicio “fisiológico” tenía el entrenador para asegurar la potencialidad del ciclista, si ni siquiera se había hecho la prueba de esfuerzo?. Naturalmente, mi aportación “fisiológica” para aseverar la “predicción” de su entrenador fue nula. Cuando fue de élite, lógicamente, ya no le volví a evaluar.

Bibliografía

1. Calderón Montero FJ. *Análisis integrado de la respuesta del organismo al ejercicio. Fisiología humana. Aplicación a la Actividad Física*. Madrid, Editorial Médica Panamericana. Madrid; 2018. p 389-97.
2. Benito PJ, Peinado AB, Díaz Molina V, Lorenzo Capellá I, Calderón FJ. Evolución de los parámetros ergoespirométricos con el entrenamiento en deportistas. *Arch Med Dep*. 2007;122:464-75.
3. Pardo Gil FJ. Evolución de los parámetros fisiológicos en ciclistas profesionales a lo largo de una temporada (Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid) 2002. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=185718>

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



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



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



Índice

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

Índice

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

Información: www.femade.es

Effects of three water-based resistance trainings on maximal strength, rapid strength and muscular endurance of sedentary and trained older women

Thaís Reichert¹, Rodrigo S. Delevatti^{1,2}, Alexandre K.G. Prado^{1,3}, Natália C. Bagatini¹, Nicole M. Simmer¹, Andressa P. Meinerz¹, Bruna M. Barroso¹, Rochelle R. Costa¹, Ana C. Kanitz^{1,4}, Luiz F. M. Kruehl¹

¹Federal University of Rio Grande do Sul. Physical Education School. Brasil. ²Federal University of Santa Catarina. Physical Education School. Brasil. ³Federal University of Mato Grosso. Physical Education School. Brasil. ⁴Federal University of Uberlândia. College of Physical Education and Physiotherapy. Brasil.

Recibido: 12.03.2018
Aceptado: 10.07.2018

Summary

Water-based resistance training (WRT) increases strength in sedentary elderly. However, it is not known if this modality promotes strength gains in the trained elderly. In addition, as all the existing studies compared the WRT group with the control group, it is not yet known what the best WRT strategy to promote strength gains in the elderly. Therefore, the aim of this study was to compare the effects of three WRT on the maximal strength, rapid strength and muscular endurance of sedentary and trained elderly women. Twenty-six women were allocated in groups: simple set of 30 seconds (1x30s, 66±1 years), multiple sets of 10 seconds (3x10s, 67±2 years) and simple set of 10 seconds (1x10s, 65±1 years). Training lasted for 20 weeks (two weekly sessions). Assessments were performed after 12 and 20 weeks of training to assess sedentary and trained women, respectively. Maximal strength was assessed by the 1RM test in knee extension, knee flexion and elbow flexion exercises. In these same exercises, the muscular endurance was evaluated, for this, the individual should perform the maximal of repetitions with the load corresponding to 60% of 1RM. Finally, rapid force was assessed by the rate of force development during knee extension. After 12 weeks of training, all groups significantly increased the maximal strength, muscular endurance and rapid strength. However, the groups showed no increase in strength from week 12 to week 20. In conclusion, the three WRT promoted an improvement in strength of sedentary older women, however, they were not efficient in promoting adaptations in trained women.

Key words:
Exercise. Aging.
Muscle strength.

Efectos de tres entrenamientos de fuerza en el medio acuático en la fuerza máxima, fuerza rápida y la resistencia muscular de mujeres mayores sedentarias y entrenadas

Resumen

El entrenamiento de fuerza en el medio acuático (WRT) aumenta la fuerza de mayores sedentarios. Sin embargo, no se sabe si esta modalidad promueve ganancias de fuerza en mayores entrenados. Además, como todos los estudios existentes compararon el grupo WRT con el grupo control, aún no se sabe cuál es la mejor estrategia WRT para promover ganancias de fuerza en los ancianos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue comparar los efectos de tres WRT en la fuerza máxima, fuerza rápida y resistencia muscular en mujeres mayores sedentarias y entrenadas. Veintiséis mujeres fueron distribuidas en los grupos: serie simple de 30 segundos (1x30s, 66±1 años), series múltiples de 10 segundos (3x10s, 67±2 años) y serie simple de 10 segundos (1x10s, 65±1 años). Los entrenamientos tuvieron una duración de 20 semanas (dos sesiones semanales). Las evaluaciones fueron realizadas después de 12 y 20 semanas de entrenamiento para evaluar mujeres sedentarias y entrenadas, respectivamente. La fuerza máxima se evaluó mediante la prueba de 1RM en ejercicios de extensión de rodilla, flexión de rodilla y flexión de codo. En estos mismos ejercicios, se evaluó la resistencia muscular, para ello, el individuo debe realizar el máximo de repeticiones con la carga correspondiente al 60% de 1RM. Finalmente, la fuerza rápida se evaluó por la tasa de desarrollo de la fuerza durante la extensión de la rodilla. Después de 12 semanas de entrenamiento, todos los grupos aumentaron significativamente la fuerza máxima, la resistencia muscular y la fuerza rápida. Sin embargo, los grupos no presentaron incremento en la fuerza de la semana 12 a la semana 20. En conclusión, los tres WRT promovieron incrementos en la fuerza de mujeres mayores sedentarias, sin embargo, no fueron efectivos en promover adaptaciones en mujeres entrenadas.

Palabras clave:
Ejercicio. Envejecimiento.
Fuerza muscular.

Correspondencia: Thaís Reichert
E-mail: thais_reichert@hotmail.com

Introduction

Aging causes a decline in different manifestations of muscular strength (maximal strength, rapid strength and muscular endurance)¹⁻⁵, which is related to a decrease in functional independence⁶⁻⁸, a higher risk of falls^{9,10} and mortality¹¹. Therefore, water-based resistance training (WRT) has been recommended for the elderly in order to soften the deleterious effects of advancing age¹². The aquatic environment has beneficial characteristics for the training of this public, such as lower joint impact¹³, less sympathetic activation and suppression of the renin-angiotensin system¹⁴, which reduces heart rate and blood pressure levels¹⁴.

Currently, WRT has been prescribed, as a priority, for set execution time and exercises are performed at maximal execution speed¹⁵⁻²¹. In aquatic environment, the execution speed is the main determinant of the exercise intensity²². Thus, it is believed that the higher the execution speed, the greater the intensity of the exercise and, consequently, the greater the stimulus for the increase of muscle strength. In this sense, it is speculated that breaking a set of long duration in multiple sets of short duration will allow a greater speed during the exercise, due to the recovery interval, which can maximize the strength gains. However, this strategy increases the session time required for strength training and, currently, there is a tendency to identify time-efficient interventions because of the shorter time available for exercise. In this sense, it has already been demonstrated that performing one set promotes the same strength gains that perform three sets after 10 weeks of WRT^{16,17}.

Increases in muscle strength in the first weeks of training are primarily a result of neural factors, such as better recruitment of motor units, better intramuscular coordination and reduction in the coactivation of the antagonist muscles²³. It is believed that, in the initial stage of training with sedentary individuals, low volume strength training promotes sufficient stimulation to improve these factors as well as high volume training²³. For this reason, it seems that different training strategies promote the same increases in muscle strength due to the short intervention period and the initial conditioning of the individual, and this result can not be extrapolated to interventions with longer duration. In this sense, identifying the long-term response of a training in individuals already trained is fundamental, since this is the scenario of fitness clubs. However, no study was found comparing different training strategies after a period of more than 12 weeks. Thus, the objective of this study was to compare the effects of three WRT (1x30s, 3x10s, and 1x10s) on maximal strength, rapid strength and muscular endurance of elderly women after 12 and 20 weeks of training, corresponding to a previously sedentary and trained state, respectively.

Material and method

Experimental approach to the problem

This study is a quasi-experimental longitudinal study. To investigate the effects of different WRT on strength in older women, three trainings were performed. Fifteen individuals (67±1 years) were evaluated twice before the start of training (weeks -4 and 0, which served as control period) to test the stability and reliability of outcomes. During the four weeks control period, individuals were instructed to maintain their

regular lifestyle habits and no intervention regarding the present study (ie, training session or assessments) was performed. This period served to test the stability and reproducibility of the dependent variables without the practice of physical exercise. All groups (i.e., 1x30s, 3x10s and 1x10s) trained during 20 weeks and each participant were evaluated before, after 12 and after 20 weeks (weeks 0, 13 and 21, respectively) the water-based resistance training. Participants completed all the evaluations within a week with an interval of 48 h between the tests. Each specific test at pre- and post-intervention was over seen by the same investigator (who was blinded to the training group of the subjects in maximal dynamic and muscular endurance tests) and was conducted on the same equipment with identical subject/equipment positioning. Throughout the training period, the water temperature was maintained at 31°C and the water depth in all individuals was fixed between the xiphoid process and shoulders.

Participants

Thirty women aged from 60 to 75 years old volunteered for the study. The participants volunteered for the present investigation following announcements in internet and in a widely read local newspaper. As inclusion criteria, women should not be practicing physical exercise for at least 3 months and present medical permission for exercise. The exclusion criteria included any history of neuromuscular, metabolic or hormonal diseases. The participants were not taking any medication that could influence their hormonal or neuromuscular metabolism and were advised to maintain their normal dietary intake throughout the study. The participants were residents of the city of Porto Alegre and metropolitan region. After pre-training evaluations, the participants were allocated by stratified randomization (randomization.com site) using a 1:1:1 ratio based on the maximum dynamic strength of knee extension to three groups: 30 seconds single set training group (1x30s; n=10), 10 seconds multiple set training group (3x10s; n=10) or 10 seconds single set training group (1x10s; n=10). The individuals were informed about the study and the possible risks and discomfort related to the procedures prior to signing an informed consent form. The study was conducted according to the Declaration of Helsinki and was approved by the research Ethics Committee at the Federal University of Rio Grande of Sul (protocol number 675.861).

After the training period, the 1x30s group showed no sample lost, three individuals were lost in 3x10s group (one due allergy problem, one because surgery was required and one due work) and one individual was lost in 1x10s group (due health problems). Therefore, twenty-six women completed the training: 10 in the 1x30s group, 7 in the 3x10s group and 9 in the 1x10s group.

Procedures

Physical characteristics

Height and body mass were measured using an Asimed stadiometer (resolution of 1mm) and Asimed analog scale (resolution of 0.1 kg), respectively. Body composition was assessed using the skinfold technique. A four-site skinfold equation was used to estimate body density²⁴ and body fat was subsequently calculated using the Siri equation²⁵.

Maximal dynamic strength (1RM)

Maximal dynamic strength was assessed using the one-repetition maximal test (1RM) on the bilateral knee extension (World-Esculptor, Porto Alegre, Brazil), knee flexion (Können Gym, Porto Alegre, Brazil) and elbow flexion (free weights). The order of the exercises was randomized, alternating upper and lower limbs exercise. The participants warmed up for 5 minutes on a cycle ergometer and performed specific movements for the exercise test. Each individual's maximal load was determined with no more than 5 attempts with a 5-min recovery between attempts. Performance time for each contraction (concentric and eccentric) was 2 seconds, controlled by a metronome (MA-30, KORG, Japan). The 1RM value was considered as the maximal load possible to exert at the concentric phase for a given exercise. Participants were familiarized with all procedures in two sessions one week prior to the test day. The test-retest reliability coefficient (intraclass correlation coefficient, ICC) was 0.93 for the knee extension 1RM, 0.90 for the knee flexion 1RM and 0.98 for the elbow flexion 1RM ($p < 0.001$).

Muscular endurance

Muscular endurance was assessed during the bilateral knee extension, knee flexion and elbow flexion. In these tests, the participants had to perform a maximum possible number of repetitions with a load equivalent to 60% of 1RM. Performance time for each contraction and the order of the tests was the same used in the 1RM test. In the post-training test, the same absolute load of the first evaluation was used.

Rate of force development

The rate of force development during isometric contraction of knee extension was evaluated. The participants were positioned seated on a knee extension exercise machine (Taurus, Porto Alegre, Brazil) with 90° of hip flexion and 60° of knee flexion (0° to full extension) of the dominant member. Strength was evaluated using a load cell (ZX250 alpha) connected to a digital converter. The individuals were instructed to exert maximal strength possible as fast as was possible. Three attempts were performed, each lasting 5 seconds and with 3 minutes interval between them. During the tests, the researchers provided verbal encouragement so that the women would feel motivated to produce their maximal strength. Before the measurement session, a familiarization with the testing procedure was performed. The isometric force–time analysis on the absolute scale included the maximal rate of force development (RFD; N.s-1), defined as the greatest increase in the force (the largest increase in strength at fixed intervals of 20 milliseconds); and, the RFD at 50 and 100 ms, defined as the greatest increase in the force in the first period of 50 and 100 ms, respectively. The RFD variables were calculated from the force onset, which was considered the point that the force exceeded 2.5 times the standard deviations of the mean of the force signal at rest, and were determined using the MATLAB software. The ICC values were 0.95, 0.98 and 0.92 for maximal, 50 and 100 knee extension RFD.

Water-based resistance training

Before the start of the resistance training, individuals completed two familiarization sessions with the exercises they would further perform during the training period and with Borg Scale of Perceived Exertion

Table 1. Description of the exercises performed in each station.

Station 1	Unilateral hip flexion until 90° with knee extension and after hip extension with the knee extended (right leg) Unilateral hip flexion until 90° with knee extension and after hip extension with the knee extended (left leg) Flexion and extension horizontal of shoulders, simultaneous of both arms
Station 2	Simultaneous hip adduction and abduction of the 2 legs Unilateral elbow flexion and extension (right arm) Unilateral elbow flexion and extension (left arm)
Station 3	Unilateral knee flexion and extension (right leg) Unilateral knee flexion and extension (left leg) Flexion and extension of the shoulders simultaneous of both arms
Station 4	Unilateral hip adduction and abduction (right leg) Unilateral hip adduction and abduction (left leg) Flexion and extension of elbows with abducted shoulders, simultaneous of both arms

(6–20). The trainings were performed twice a week, on nonconsecutive days, during 20 weeks. The resistance training was performed in circuit format: the pool was divided into 4 stations and in each station 3 exercises were performed, totalizing 12 exercises (Table 1). A passive interval of 2 minutes was conducted between stations. The participants performed each repetition at maximal effort (index 19 of Borg Scale of Perceived Exertion) and amplitude to achieve the greatest possible velocity of motion and, consequently, greater resistance. The difference between 3 groups was the amount of sets performed or time of execution by set: 1x30s group performed each exercise by 30 seconds once, 3x10s group performed three sets of each exercise for 10 seconds (with a passive interval of 2 minutes between sets) and 1x10s group performed each exercise during 10 seconds once. Verbal encouragement was provided by the instructor during all resistance exercises. Every session, women started training at a different station.

Each session was composed of a standard articular warm-up of 7 minutes, resistance training (13 minutes for 1x30s group, 28 minutes for 3x10s group and 9 minutes for 1x10s group) and final stretching (10min). In order to equalize 45 minutes session for the three groups, 1x30s and 1x10s groups performed a relaxation immersion after stretching. The same experienced instructor and monitor in practice of water-based exercises accompanied all the sessions for three groups.

Statistical analysis

To analyze the results, descriptive statistics were used (mean ± standard error). Normal distribution and homogeneity parameters were checked using the Shapiro–Wilk and Levene tests, respectively. Baseline comparisons and training frequency were analyzed using one-way ANOVA. Statistical comparisons with the control period (from week – 4 to week 0) were performed using Student's paired t-test. The

ICC test was applied in order to verify the reliability of variables (test and retest) during control period. The training-related effects were assessed using Generalized Estimating Equation (GEE) and Bonferroni post hoc procedures were used to locate the pairwise differences. The adopted level of significance was $\alpha=0.05$. The SPSS statistical software package was used to analyze all of the data.

Results

The physical characteristics of participants are shown in Table 2. Age, height, body mass, body mass index, fat mass and sum of skinfolds were similar between groups.

During the control period (i.e., between weeks -4 and 0), no significant differences were observed in all variables analyzed (Table 3). During the intervention, the training frequency showed no difference between groups (1x30s: 90.00±1.10%, 3x10s: 89.81±1.79%, 1x10s: 88.61±1.38%, $p=0.471$).

At baseline, there were no differences between groups in maximal dynamic strength (1RM). After 12 weeks of training, all groups similarly increased the knee extension 1RM (1x30s: 36.00 ± 2.94 to 46.2 ± 2.9 kg; 3x10s: 37.42 ± 3.49 to 43.71 ± 4.08 kg; 1x10s: 34.88 ± 2.99 to 46.00 ± 4.11 kg), knee flexion 1RM (1x30s: 33.80 ± 1.63 to 40.40 ± 2.76 kg; 3x10s: 34.85 ± 3.33 to 41.71 ± 3.04 kg; 1x10s: 33.88 ± 2.64 to 39.88 ± 2.56 kg) and elbow flexion 1RM (1x30s: 16.90 ± 0.67 to 19.40 ± 0.83 kg; 3x10s:

15.71 ± 0.83 to 18.42 ± 0.90 kg; 1x10s: 16.66 ± 1.04 to 19.44 ± 1.10 kg). The results of 1RM at week 20 (knee extension: 1x30s: 48.2 ± 3.22 kg, 3x10s: 49.16 ± 3.91 kg, 1x10s: 48.55 ± 4.72; knee flexion: 1x30s: 43.00 ± 3.27 kg, 3x10s: 43.50 ± 2.73 kg, 1x10s: 40.00 ± 2.05 kg; elbow flexion: 1x30s: 19.60 ± 0.87 kg, 3x10s: 18.66 ± 0.45 kg, 1x10s: 20.66 ± 1.29 kg) were higher than pre-training, but did not differ from week 12. 1RM results are shown in Figure 1.

Table 3. Pre- and post-values during the control period (-4 and 0 weeks).

(n=15)	Week -4 Mean±SE	Week 0 Mean±SE	p
KE 1RM (kg)	35.86±2.40	34.93±2.18	0.280
KF 1RM (kg)	32.66±1.86	32.20±1.87	0.587
EF 1RM (kg)	15.86±0.56	15.73±0.51	0.164
KE ME (rep)	10±1	9±1	0.083
KF ME (rep)	11±1	10±1	0.950
EF ME (rep)	12±1	11±1	0.711
RFD 50 ms KE (N.s ⁻¹)	96.22±35.78	98.18±35.99	0.778
RFD 100 ms KE (N.s ⁻¹)	187.74±59.45	209.59±57.76	0.339
RFD maximal KE (N.s ⁻¹)	736.15±191.49	680.55±201.60	0.339

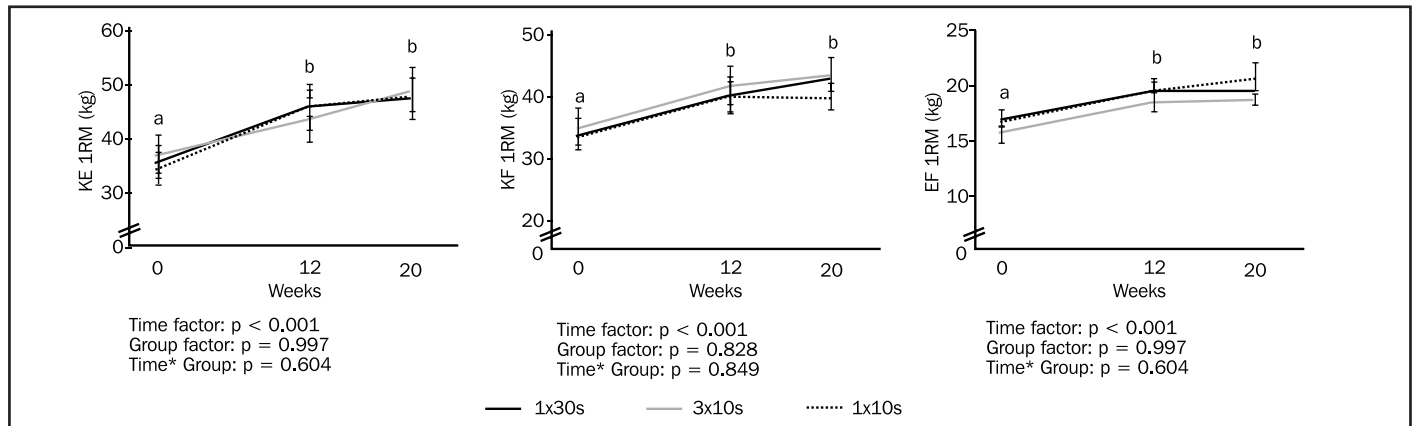
1RM: one maximal repetition, KE: knee extension, KF: knee flexion, EF: elbow flexion, ME: muscular endurance, rep: repetitions, RFD: rate of force development, ms: millisecond.

Table 2. Physical characteristics of participants.

	1x30s Group (n=10) Mean±SE	3x10s Group (n=7) Mean±SE	1x10s Group (n=9) Mean±SE	p
Age (years)	66 ± 1	67 ± 2	65 ± 1	0.683
Height (m)	1.57 ± 0.1	1.55 ± 0.01	1.61 ± 0.01	0.062
Body mass (kg)	68.36 ± 2.60	61.57 ± 3.20	71.08 ± 3.74	0.149
IMC (kg.cm ⁻²)	27.72 ± 1.25	25.36 ± 1.21	27.20 ± 1.41	0.463
Fat mass (%)	31.98 ± 1.40	30.68 ± 1.45	33.12 ± 1.18	0.491
Σ skinfolds (mm)	82.10 ± 4.25	77.30 ± 4.11	92.86 ± 6.17	0.212

Σ: sum

Figure 1. Maximal dynamic strength of knee extension (KE 1RM), knee flexion (KF 1RM) and elbow flexion (EF 1RM) pre-, post-12 weeks training and post-20 weeks training.



Lowercase letters represent difference in the time factor.

Table 4. Rate of force development and muscular endurance pre-, post-12 weeks training and post-20 weeks training.

	Group (n)	Pre-training Mean±SE	Post-12 weeks Mean±SE	Post-20 weeks Mean±SE	Time	Group	Time* Group
KE RFD 50ms (N.s ⁻¹)	1x30s (10)	136.10 ± 48.5 ^a	376.91 ± 156.16 ^b	401.15 ± 89.05 ^b	<0.001	0.113	0.289
	3x10s (07)	175.55 ± 127.14 ^a	875.54 ± 306.60 ^b	755.27 ± 212.44 ^b			
	1x10s (09)	154.75 ± 59.18 ^a	275.32 ± 91.91 ^b	391.29 ± 79.59 ^b			
KE RFD 100ms (N.s ⁻¹)	1x30s (10)	177.17 ± 59.18 ^a	423.24 ± 124.61 ^b	541.00 ± 100.57 ^b	<0.001	0.093	0.240
	3x10s (07)	312.99 ± 158.38 ^a	967.57 ± 257.60 ^b	769.07 ± 183.22 ^b			
	1x10s (09)	232.36 ± 83.43 ^a	403.57 ± 136.42 ^b	454.37 ± 77.37 ^b			
KE RFD max (N.s ⁻¹)	1x30s (10)	858.40 ± 231.35 ^{AB}	862.39 ± 162.62 ^{AB}	1036.41 ± 177.90 ^{AB}	0.317	0.015	0.284
	3x10s (07)	1465.97 ± 367.24 ^B	1721.85 ± 357.62 ^B	1133.71 ± 201.50 ^B			
	1x10s (09)	548.09 ± 102.52 ^A	719.46 ± 185.33 ^A	618.18 ± 96.95 ^A			
KE ME (rep)	1x30s (10)	9 ± 1 ^a	12 ± 1 ^b	13 ± 1 ^b	0.001	0.218	0.752
	3x10s (07)	12 ± 1 ^a	19 ± 4 ^b	14 ± 3 ^b			
	1x10s (09)	10 ± 1 ^a	13 ± 2 ^b	13 ± 1 ^b			
KF ME (rep)	1x30s (10)	11 ± 2 ^a	15 ± 1 ^b	17 ± 1 ^b	0.001	0.711	0.233
	3x10s (07)	12 ± 1 ^a	25 ± 8 ^b	14 ± 1 ^b			
	1x10s (09)	13 ± 2 ^a	16 ± 1 ^b	15 ± 1 ^b			
EF ME (rep)	1x30s (10)	12 ± 1 ^a	19 ± 3 ^b	19 ± 3 ^b	<0.001	0.822	0.622
	3x10s (07)	12 ± 2 ^a	20 ± 2 ^b	21 ± 3 ^b			
	1x10s (09)	13 ± 1 ^a	19 ± 2 ^b	17 ± 2 ^b			

Note: KE: knee extension, RFD: rate of force development, ms: millisecond, ME: muscular endurance, KF: knee flexion, EF: elbow flexion, rep: repetitions. Lowercase letters represent difference in the time factor. Uppercase letters represent differences in the group factor.

Table 5. Percentages of significant increase observed in maximal strength, muscular endurance and rapid strength after 12 weeks of training.

	1 x 30 s	3 x 10 s	1 x 10 s
KE 1RM	28 %	17 %	32 %
KF 1RM	20 %	20 %	18 %
EF 1RM	15 %	17 %	17 %
KE RFD 50 ms	177 %	399 %	8 %
KE RFD 100 ms	139 %	209 %	4 %
KE ME	29 %	57 %	32 %
KF ME	40 %	115 %	30 %
EF ME	51 %	69 %	45 %

1RM: one maximal repetition, KE: knee extension, KF: knee flexion, EF: elbow flexion, ME: muscular endurance, rep: repetitions, RFD: rate of force development, ms: millisecond.

The results of RFD and muscular endurance are shown in Table 4. At baseline, there were no differences between groups in the RFD at 50 and 100 ms. There was a significant increase in the RFD at 50 and 100 ms in all groups after 12 weeks of training, and there was a maintenance of those values until the end of training. The maximal RFD showed no difference in the time factor and the 3x10 s group had higher values than the group 1x10 s during the intervention. Muscular endurance showed no difference between groups at baseline. After 12 weeks of training,

knee extension, knee flexion and elbow flexion muscular endurance increased significantly in all groups and these values remained constant until the twentieth week of training.

Table 5 presents the percentages of significant increase observed in maximal strength, muscular endurance and rapid strength after 12 weeks of training.

Discussion

The main finding of the present study was that the three WRT promoted similar gains of maximal strength, muscular endurance and rapid strength after 12 weeks of training in previously sedentary older women. This result is important for the elderly population because the maximal strength is inversely associated with the risk of mortality whereas the improvement of the rapid strength and muscular endurance may reflect in a greater ability to perform activities of daily living, greater functional independence and lower risk of falls. However, no adaptation was observed from week 12 to 20, showing that WRT did not stimulate strength gains in previously trained older women.

The results of the present study after the initial 12 weeks of training corroborate other investigations that observed increases of maximal strength in elderly individuals after aquatic training²⁶⁻²⁹. The percentage increases observed in the present study are similar to the ones found by Tsourlou *et al.*²⁷ (knee extension 29%) after 24-weeks training and higher than those observed by Bento *et al.*²⁸ after 12-weeks training

(knee extension 12 and knee flexion 13%). This divergence is possibly related to the fact that the aforementioned studies used submaximal velocities in WRT, which are not specific for the development of muscle strength, whereas the present study had always used the maximal velocity. In this way, Takeshima *et al.*²⁶ found increases in the maximal strength similar to the present study (knee flexion 13 to 40%, knee extension 8 to 27%) after a 12-weeks training performed always in maximal velocity. In addition, the maximal execution speed is essential to increase the RFD³⁰. Only the study by Bento *et al.*³¹ observed an increase in RFD of knee extension (11%), however, the observed increments are much lower than in the present study, which is also attributed to the submaximal velocity used in the cited study. The increment of the lower limbs RFD found in the present study could represent a better capacity of the elderly to perform their daily life activities, making them more independent and less susceptible to the care of others³¹. In addition, a greater capacity to produce strength in a short period of time could serve as a protective mechanism during a possible fall¹⁰, since that the individuals would be able to restore balance more quickly³².

To the best of our knowledge, this is the first study that investigated muscular endurance in elderly individuals after WRT. Schoenell *et al.*¹⁶ found increases in muscular endurance of knee extension (9-13%), knee flexion (20-33%) and elbow flexion (33%) in young women after 10 weeks of WRT. These percentages of increases are lower than those observed in the present study, which could be attributed to the greater amplitude for improvement of the elderly population. The improvement of muscular endurance is of extreme importance for the older people, once it demonstrates a capacity to produce strength for a longer period and a better capacity to accomplish their daily life activities, like walking, climbing stairs and carrying objects, promoting functional independence to these individuals.

We believed that the 3x10 s group would perform the exercises at a higher execution speed when compared to the 1x30s group, due to the fractionation of the exercise in multiple sets and the recovery interval between them, which could promote greater strength gains. However, similar increments were observed after both WRT, suggesting that perhaps both groups performed the exercises at similar execution speeds, generating the same stimulus for strength development. Similar increases between the 3x10s and 1x10s groups after the initial 12 weeks of training were already expected and corroborate other studies with WRT^{16,17}.

The results of the present study also demonstrated that, surprisingly, no differences were observed in strength between week 12 and 20 of training. We believed that previously untrained older women who initiated a WRT would increase muscle strength, which would provide a higher execution speed during training in subsequent weeks. This higher execution speed would promote a greater training overload, generating new stimuli for increasing muscle strength. However, this hypothesis is not true, since no increase was observed in any investigated variable from week 12 to 20. However, this result should be interpreted with caution, since it does not mean that WRT does not promote strength increase in already trained individuals, but rather that the same periodization of training (ie, same volume and intensity)

prescribed for untrained individuals is insufficient to promote increased muscle strength in trained individuals. Thus, it is speculated that there must be a progression of WRT after the initial weeks of intervention to promote strength gains in trained older women.

Possible limitations of the present study are the small n sample and the absence of neuromuscular and morphological evaluations. We highlight the strengths of the study methods such as randomizing participants between the groups, blinding of assessors to outcomes in maximal dynamic and muscular endurance tests, and description of losses and exclusions. Moreover, the main difference of the present study in relation to previous studies is the longer follow-up, which allowed to evaluate the effect of WRT in sedentary and trained elderly women, adding important information in the literature and contributing to a better prescription of WRT.

In conclusion, 1x30s, 3x10s, and 1x10s training models promote similar increments in maximal strength, rapid strength and muscular endurance after 12 weeks of intervention in previously sedentary older women. As a practical application, the results of the present study demonstrate that it is not necessary to fractionate a long duration set into multiple sets of shorter duration nor to perform multiple series to maximize the gains in strength of sedentary older women. However, after 12 weeks of intervention, the same prescription of volume and intensity in WRT do not promote strength improvements in trained women in already trained women, which shows the need to increase the training overload in this period.

Acknowledgements

We acknowledge financial support from CAPES and CNPq.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

1. Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol.* 1991;71:644-50.
2. Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle, a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol.* 2000;88:1321-6.
3. Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol.* 2000;89:81-8.
4. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, *et al.* The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2006;61:1059-64.
5. Charlier R, Knaeps S, Mertens E, Roie E, Delecluse C, Lefevre J, *et al.* Age related decline in muscle mass and muscle function in Flemish Caucasians, a 10-year follow-up. *Age.* 2016;38:36.
6. Foldvari M, Clark M, Laviolette LC, Bernstein MA, Kaliton D, Castaneda C, *et al.* Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55(4):192-9.
7. Andrade RM, Matsudo SMM. Relação da força explosiva e potência muscular com a capacidade funcional no processo de envelhecimento. *Rev Bras Med Esporte*[online]. 2010;16(5):344-8.
8. Clark BC, Manini TM. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2010;13(3):271-6.
9. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development, physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116:1091-116.

10. Bento PC, Pereira G, Ugrinowitsch C, Rodacki AL. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. *Clin Biomech.* 2010;25:450-4.
11. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR, Jackson AW, Sjöström M, et al. Association between muscular strength and mortality in men, prospective cohort study. *BMJ.* 2008;1:337.
12. American College of Sports Medicine. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:1510-30.
13. Alberman 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.
14. Pendergast DR, Moon RE, Krasney JJ, Held HE, Zamparo P. Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol.* 2015;5:1705-50.
15. Moreira L, Fronza FC, Santos RN, Teixeira LR, Krueel LF, Lazaretti CM. High intensity aquatic exercises (HydrOS) improve physical function and reduce falls among postmenopausal women. *Menopause.* 2013;20:1012-9.
16. Schoenell MC, Alberman CL, Tiggemann CL, Noll M, Costa R, Santos NS, et al. Effects of single vs. multiple sets during 10 weeks of water-based resistance training on neuromuscular adaptations in young women. *Int J Sports Med.* 2016;37:813-8.
17. Buttelli AC, Pinto SS, Schoenell MC, Almada BP, Camargo LK, Conceição MO, et al. Effects of single vs. multiple sets water-based resistance training on maximal dynamic strength in young men. *J Hum Kinet.* 2015;14:169-77.
18. Pinto SS, Alberman CL, Bagatini NC, Zaffari P, Cadore EL, Radaelli R, et al. Neuromuscular adaptations to water-based concurrent training in postmenopausal women, effects of intrasession exercise sequence. *Age.* 2015;37:9751.
19. Pinto SS, Cadore EL, Alberman CL, Zaffari P, Bagatini NC, Barroni BM, et al. Effect of intrasession exercise sequence during water-based concurrent training. *Int J Sports Med.* 2014;35:41-8.
20. Souza AS, Rodrigues BM, Hirschmann B, Graef FI, Tiggemann CL, Krueel LFM. Treinamento de força no meio aquático em mulheres jovens. *Motriz.* 2010;16(3):649-57.
21. Ambrosini AB, Brentano MA, Coertjens M, Krueel LFM. The effects of strength training in hydrogymnastics for middle-age women. *Int J Aquatic Res Educ.* 2010;4:153-62.
22. Alexander R. Mechanics and energetics of animal locomotion. In: Alexander R, Goldspink G (eds.). *Swimming.* London, Chapman & Hall; 1997. p. 222-48.
23. Fröhlich M, Emrich E, Schmidtbleicher D. Outcome effects of single-set versus multiple-set training—an advanced replication study. *Res Sports Med.* 2010;18:157-75.
24. Petroski EL, Pires-Neto CS. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em mulheres. *Rev Bras Ativ Fis Saúde.* 1995;2:65-73.
25. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density, analysis of methods. *Nutrition.* 1993;9:480-91.
26. Takeshima N, Rogers ME, Watanabe E, Brechue WF, Okada A, Yamada T, et al. Water based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:544-51.
27. Tsourlou T, Benik A, Dipla K, Zafeiridis A, Kellis S. The effects of a twenty-four week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res.* 2006;20:811-8.
28. Bento PC, Rodacki AL. Muscle function in aged women in response to a water based exercises program and progressive resistance training. *Geriatr Gerontol Int.* 2015;15:1193-200.
29. Krueel LFM, Barella RL, Muller FG, Brentano MA, Figueiredo PP, Cardoso A, et al. Effects of resistance training in women engaged in hydrogymnastics programs. *Rev Bras Fisiol Exerc.* 2005;4: 32-8.
30. Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Mälkiä E. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol.* 1998;84:1341-9.
31. Bento PC, Pereira G, Ugrinowitsch C, Rodacki AL. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. *J Aging Phys Act.* 2012;20:469-83.
32. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol.* 2002;93:1318-26.

Volume load and efficiency with different strength training methods

Igor Nasser¹, Diego Costa Freitas², Gabriel Andrade Paz³, Jeffrey M. Willardson⁴, Humberto Miranda⁵

¹Federal University of Rio de Janeiro. RJ, Brazil. ²Federal University of Rio de Janeiro. RJ, Brazil. ³Federal University of Rio de Janeiro. RJ, Brazil. ⁴Health and Human Performance Department. Montana State University Billings. Billings, United States. ⁵Federal University of Rio de Janeiro. RJ, Brazil.

Recibido: 07.12.2017
Aceptado: 12.07.2018

Summary

This study compared differences in volume load (VL), efficiency and rating of perceived (RPE) exertion between four different workout methods. Twelve trained men selected by convenience (28.1 ± 4.8 years, 1.72 ± 0.6 cm, 72.2 ± 5.5 kg, 24.4 ± 1.4 body mass index) with at least three years' strength training experience performed the following exercises: biceps curl with a barbell (BC), triceps press using a pulley with a straight bar (TP), seated leg curl (LC), and seated leg extension (LE). Four different workout formats were performed, in a counterbalanced entrance: the traditional method (TM) - three successive sets of each exercise; the paired agonist-antagonist paired set method (APS) - three sets of each exercise alternating between agonist/antagonist muscles (BC/TP and LC/LE); the paired alternating limb method (PAL) - three sets of each exercise in an upper limb/lower limb interaction (BC/LC and TP/LE); and the circuit method (CM) - one set of each exercise repeated three times (BC, TP, LC, LE). The load was held constant at an absolute 15 repetition maximum previous tested, and with one-minute rest intervals between sets and exercises, characterized as an endurance training. Volume load (set x repetition x load), efficiency (VL/workout time) and RPE were recorded. Significantly higher VL and efficiency were observed for the CM versus the TM and APS ($p < 0.05$). The CM was not significantly different versus the PAL. The CM resulted in the best performance when compared to the other methods and can be a good alternative to improve workout volume and efficiency.

Key words:
Resistance training. Strength training. Exercise.

Carga de volumen y eficiencia con diferentes métodos de entrenamiento de fuerza

Resumen

Este estudio comparó las diferencias en la carga de volumen (CV), la eficiencia y la calificación del esfuerzo percibido (CEP) entre cuatro métodos de entrenamiento diferentes. Doce hombres entrenados, seleccionados por conveniencia ($28,1 \pm 4,8$ años, $1,72 \pm 0,6$ cm, $72,2 \pm 5,5$ kg, índice de masa corporal $24,4 \pm 1,4$) con al menos tres años de experiencia en entrenamiento de fuerza realizaron los siguientes ejercicios: bíceps con barra recta (BC), tríceps presione usando una polea (TP), flexión de rodillas sentado (FR) y una extensión de pierna sentada (EX). Estos ejercicios se realizaron en cuatro formatos de entrenamiento diferentes, en una entrada contrapesada: el método tradicional (MT): tres series sucesivas de cada ejercicio; el método emparejado de conjunto agonista-antagonista emparejado (AA): tres conjuntos de cada ejercicio alternando entre músculos agonistas/antagonistas (BC/TP y FR/EX); el método de miembro alterno emparejado (AE): tres series de cada ejercicio en una interacción miembro superior / miembro inferior (BC/FR y TP/EX); y el método del circuito (MC): un juego de cada ejercicio repetido tres veces como un circuito (BC, TP, FR, EX). En todos los formatos de trabajo, la carga se estableció en un absoluto 15 repeticiones máximas antes de la prueba, y con un minuto de intervalo entre los sets y los ejercicios, como un entrenamiento de resistencia. Se registró la CV (series x repetición x carga), la eficiencia (CV/tiempo de entrenamiento) y la CEP. Se observó una CV y una eficacia significativamente mayores para el MC frente a MT y AA ($p < 0,05$). El MC no fue significativamente diferente frente al AE. El MC resultó en el mejor rendimiento en comparación con los otros métodos y puede ser una buena alternativa para mejorar el volumen y la eficiencia del entrenamiento.

Palabras clave:
Entrenamiento de resistencia.
Entrenamiento de fuerza.
Ejercicio.

Correspondencia: Igor Nasser
E-mail: igor_nasser@hotmail.com

Introduction

Strength training (ST) has been recommended for athletes and practitioners to develop muscle strength, power, endurance, and hypertrophy^{1,2}. Several ST prescriptive variables can be manipulated to optimize these outcomes, such as volume load, rest interval between sets, training frequency, load intensity, and exercise order³. In this sense, the manipulation and combination of these variables in ST are often expressed in different workout formats⁴. Volume load (repetition x loads x sets) is one of the variables often adopted by practitioners to estimate the magnitude of mechanical stress during a ST session and can affect strength or hypertrophy outcomes⁵. Thus, it has been suggested that a higher volume load (VL) stimulates greater strength gains⁵⁻⁷. Conversely, training efficiency is the ability to perform a higher VL with reduced workout duration (VL/ workout time in minutes).

In this context, a few training methods have the objective of reducing the workout duration, without compromising the VL^{6,9}. For example, the agonist-antagonist paired set method (APS) is characterized by alternating sets of two exercises for muscle groups with an agonist-antagonist relationship⁵. Robbins *et al.*⁶ investigated the effectiveness of the APS method, measuring the VL and efficiency versus the traditional method (TM). As a result, bench pull exercise (alternating bench pull with bench press), the APS method enabled higher VL and efficiency versus the TM (successive sets). In the bench press exercise, same behavior was observed, with higher VL and efficiency under the APS method versus the TM. Several studies have shown that the APS method is an interesting alternative to improve the VL in a time-efficient manner without compromising strength gains^{4,9}.

In addition, the circuit method (CM) is often adopted with the objective of reducing workout duration, without compromising workout performance¹⁰. The CM is traditionally characterized by performing sets of different exercises with relatively shorter rest intervals, lower loads, and higher repetitions per set¹⁰. However, alterations in the traditional CM has been investigated, as proposed by Alcaraz *et al.*¹⁰ that compared the acute effects of the CM versus the TM with same relative load, using 6-RM loads. For the TM, subjects performed five sets of the bench press with a passive three-minute rest interval between sets. Conversely, in the CM, subjects performed one set of the leg extension and one set of the ankle extension during each bench press rest interval (three minutes), performing a total of five sets to failure. As a result, CM was a time-efficient method, presenting same training volume without compromising the duration of the workout.

However, there is still lack of evidence regarding the acute effect of different ST methods on performance and efficiency⁵⁻¹³. Additionally, set configuration is a possibility of manipulation in ST during the prescription, and different combinations can differ acute performance^{13,14}. Successive sets, as proposed by TM, are generally prescribed in ST, however, alternating sets as proposed by APS and CM can optimize training volume without compromise session duration⁵⁻¹². In this sense, evidence showing different alternating sets schemes of these training methods may contribute to the body of knowledge for both coaches and ST practitioners. Therefore, the purpose of this study was to compare the VL, training efficiency (VL/ workout time), and rating of perceived

exertion during ST sessions with differing training methods (TM, APS, paired alternating limb, and CM) in trained men. It was hypothesized that alternating sets methods would result in greater performance with same workout time versus TM.

Material and method

Subjects

Twelve trained men volunteered to participate in this study (28.1 ± 4.8 years, 1.72 ± 0.6 cm, 72.2 ± 5.5 kg, 24.4 ± 1.4 body mass index) and selected by convenience. For the sample size calculation, we used the recommendation of Hopkins *et al.*¹⁵, which considered the smallest and largest main effect (-0.06 and 0.06); and the Type 1 error at 5% and Type 2 error at 25%. Due to the small sample size, this study had internal validation, and the data obtained here should be considered for subjects with similar characteristics. All subjects had previous ST experience (5.5 ± 2.6 years). The anthropometrics measures were done on the first day of the study.

The inclusion criteria were: a) have at least three years of ST experience; and b) to have performed the same exercises required in the present study during their regular exercise program. The exclusion criteria were: a) if they had some positive item in the Physical Active Readiness Questionnaire (PAR-Q); b) reported any kind of injury that could preclude being able to execute the exercises used in this study; c) if they were consuming any kind of ergogenic aids such as creatine monohydrate or anabolic steroids. The conditions of the study were in accordance with the norms of the Brazilian National Health Council, under resolution no. 466/2012, referring to scientific research on human subjects and the Helsinki Declaration.

During the study, subjects were instructed to maintain their dietary habits, to remain properly hydrated and avoid any kind of exercise in the 48 hours prior to each session. All of them reported doing three to five days per week of ST, with one to two hours per session, doing both free weight and machine type exercises. At the time that they were recruited they were doing a hypertrophic phase in a periodized program; with 8-12 repetitions, approximately one-minute rest intervals between sets, three sets per exercise in a split-body routine^{1,16} (Table 1).

Procedures

This study utilized a within subjects repeated measures design, which consisted of a total of six visits on non-consecutive days with 48-72 hours recovery (e.g. Monday, Wednesday and Friday). The first two visits consisted of fifteen repetitions maximum (15-RM) test and retest trials. The last four visits involved performance of four different workout formats in a randomized counterbalanced design.

Table 1. Anthropometric measures of the subjects.

	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI
Mean ± SD	28.1 ± 4.8	172 ± 0.6 cm	72.2 ± 5.5	24.4 ± 1.4

SD: Standard deviation; BMI: body mass index

Fifteen repetition maximum (15-RM) testing

During the first two sessions, subjects underwent 15-RM test and retest trials to determine the training load for the following exercises in this order: biceps curl with barbell (BC), triceps press using a pulley with a straight bar (TP), seated leg curl (LC) and seated leg extension (LE). These exercises are generally present in training programs and can contribute for better practical applications. There were 48-72 hours interval between the test and retest trials. The 15-RM testing protocol was adapted from Miranda *et al.*¹⁷. The initial load was estimated based on the weight that the subjects frequently used in their training sessions. Before starting the test, one set was considered a warm-up with 50% of the estimated load. Three to five minutes rest interval was adopted between trials for a better recovery according to proposed by Miranda *et al.*¹⁷. Between exercises, the recovery period was 10 minutes, adopted to optimize the load for 15-RM. Each subject performed three attempts for each exercise. On the retest day, the same protocol was done to optimize the accuracy of the load achieved for 15-RM. The test was stopped at the moment the subject reached a failure in technique or a repetition maximum. The higher load obtained in both days was used in the experimental sessions.

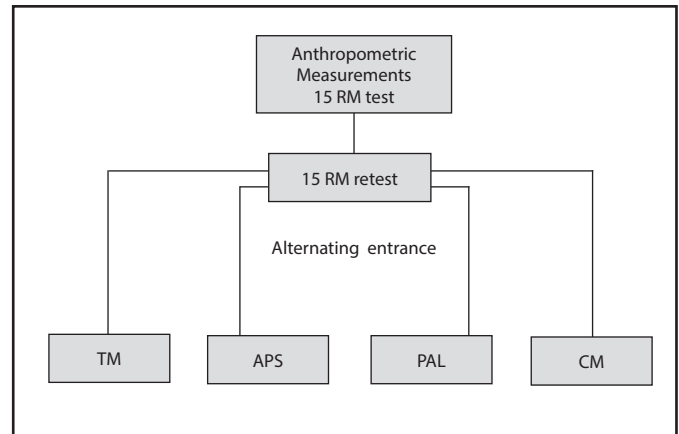
The following strategies were adopted in order to optimize results and reduce the margin of error in testing: 1) the explanation of the testing methodology; 2) standardization and guidance on exercise execution; 3) the researcher carefully monitored exercise execution; 4) verbal encouragement to motivate subjects.

In order to control the performance of each exercise, subjects were instructed to follow these exercise guidelines: the BC was executed with the arms extended along the body and the hands in a supinated position gripping a straight bar. During the concentric phase, subjects flexed their elbows and during the eccentric phase, extended their elbows back to the starting position. The TP was executed using a pulley for which the elbows were flexed statically at an initial elbow angle less than 90° at the starting point, and then fully extended during the concentric phase, and then flexed back to the starting position during the eccentric phase. The LC (Cybex International Inc.; Owatonna, Minnesota, EUA) was executed from a seated position with the hips flexed to approximately 90° and the knees extended to approximately 180°. During the concentric phase, subjects flexed the knees and during the eccentric phase, extended the knees back to the starting position. Subjects were instructed to touch the plates when extending the knees back to the start position. The LE (Cybex International Inc.; Owatonna, Minnesota, EUA) was executed from a seated position with the hips and knees flexed to approximately 90°. Subjects fully extended their knees during the concentric phase and then flexed their knees to return to the start position.

Experimental session

During sessions three, four, five and six, subjects performed four different workout formats in a randomized crossover design with 48-72 hours recovery between sessions. Before starting all experimental sessions, a warm-up was done for the first exercise. In all protocols, the first exercise was the BC, and the warm-up consisted of 50% of the 15-RM for 15 repetitions with 30 seconds to one-minute rest interval before starting the protocol¹⁷. No attempt was made to control the

Figure 1. Schematic representation of the study.



15RM: 15 repetition maximum; TM: traditional method; APS: agonist-antagonist paired set method; PAL: paired alternating by limb method; CM: circuit method.

exercise pace and subjects were instructed to maintain consistent and correct technique.

The following four workout formats were performed: the traditional method (TM)—three successive sets of each exercise; the agonist-antagonist paired set method (APS)—three sets of each exercise alternating between agonist/antagonist muscles (BC/TP and LC/LE); the paired alternating limb method (PAL)—three sets of each exercise in an upper limb/lower limb interaction (BC/LC and TP/LE); and the circuit method (CM)—one set of each exercise repeated three times as a circuit (BC, TP, LC, LE). In all workout formats, the load was held constant at an absolute 15-RM and with one-minute rest intervals between sets and exercises. The volume load (set x repetition x load), efficiency (VL/workout time, in minutes) and rating of perceived exertion (RPE) using the OMNI scale were recorded following each protocol. For RPE, a previous orientation was made before starting protocol to familiarize the participants with the OMNI scale (Figure 1).

Statistical analysis

The statistical analysis was performed using SPSS software, version 20.0 (Chicago, IL, USA). The statistical analyses were initially performed using the Shapiro-Wilk normality test and homoscedasticity test (Barlett's criterion). All variables showed normal distribution and homoscedasticity. The intra class coefficient correlation ($ICC = \frac{MS_b - MS_w}{MS_b + \{k-1\}MS_w}$) was calculated to verify the reproducibility of the 15-RM test and retest, where MS_b = mean-square between, MS_w = mean-square within, and k = the average group size. The two-way ANOVA [protocol (4) x sets (3)] for repeated measures followed by Bonferroni post hoc tests was applied to determine if there were significant differences or interactions in repetition performance between protocols and sets¹⁻³. The two-way ANOVA for repeated measures followed by Bonferroni post hoc tests was used to determine if there were significant differences or interactions between protocols for VL. The value of $p \leq 0.05$ was adopted for all inferential analyses to establish the significance between comparisons.

Results

The ICC for the 15-RM test and retest trials ranged between 0.90 to 0.98. The 15-RM training loads were: BC (10.7 ± 3.1 kg), TP (24.4 ± 4.3 kg), LC (114.5 ± 21.7 kg), LE (155.8 ± 34.3 kg).

The two-way ANOVA showed significant differences between protocols in total repetitions for the BC ($F = 18.264$; $p = 0.0001$), TP ($F = 18.992$; $p = 0.0001$), LC ($F = 11.966$; $p = 0.0001$), and LE ($F = 20.323$; $p = 0.0001$; Table 2). When considering the repetition results for the BC exercise, higher repetition performance was noted under the APS ($p = 0.012$), PAL ($p = 0.003$), and CM ($p = 0.000$) protocols versus the TM protocol. The CM protocol also showed significant increases in total repetitions versus the APS ($p = 0.023$). For the TP exercise, greater total repetitions were noted under the APS ($p = 0.006$) and CM ($p = 0.0001$) protocols versus the TM protocol. The CM protocol also showed significant increases in total repetitions versus the PAL ($p = 0.002$) protocol. However, for the LC exercise, greater total repetitions were noted under the PAL ($p = 0.006$) and CM ($p = 0.001$) protocols versus the TM protocol. Conversely, the LE exercise showed higher total repetitions under the APS ($p = 0.002$), PAL ($p = 0.000$) and CM ($p = 0.000$) protocols versus the TM protocol.

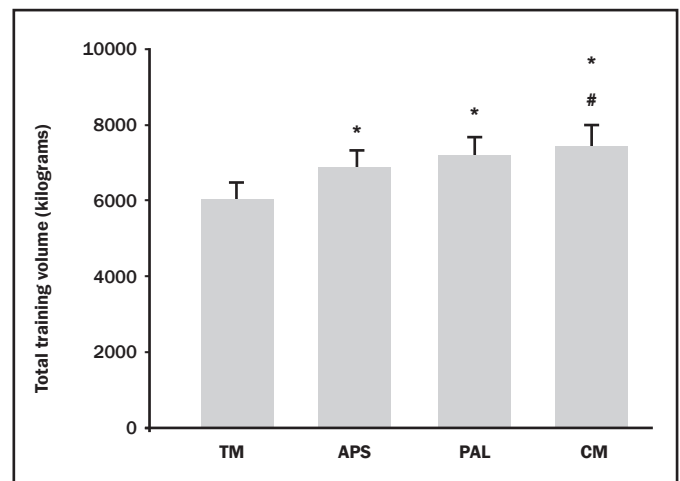
For the VL results, the two-way ANOVA showed significant differences between protocols for the BC ($F = 16.868$; $p \leq 0.0001$); TP ($F = 17.545$; $p = 0.0001$); LC ($F = 11.766$; $p = 0.0001$); and LE ($F = 16.193$; $p = 0.0001$). When considering the VL results for the BC exercise, a higher VL was noted under the PAL ($p = 0.007$) and CM ($p = 0.000$) protocols versus the TM protocol. The CM protocol also showed a significant increase in VL versus the APS ($p = 0.019$) protocol. For the TP exercise, higher VL results were noted under the APS ($p = 0.008$) and CM ($p = 0.000$) protocols versus the TM protocol. The CM protocol showed significant increases versus the PAS ($p = 0.004$) protocol. For the LC protocol, higher VL results were noted under the PAL ($p = 0.005$) and CM ($p = 0.002$) protocol versus the TM protocol. However, for the LE exercise, higher

VL results were shown in the APS ($p = 0.004$), PAL ($p = 0.002$) and CM ($p = 0.000$) protocols versus the TM protocol.

Regardless of these differences, when analyzing the session total training volume [(repetition * load * set) + all exercises] for each protocol (Figure 2), there were significant differences between protocols ($F = 28.477$; $p = 0.0001$). Higher total training volume (TTV) was noted under the APS [$6930.5 (\pm 458.1)$ kg; $p = 0.005$] PAL [$7239.2 (\pm 458.1)$ kg; $p = 0.0001$] and CM [$7507.9 (\pm 501.8)$ kg; $p = 0.0001$] protocols versus the TM [$6092.5 (\pm 433)$ kg] protocol. The CM protocol also showed significant differences versus the APS ($p = 0.026$) protocol.

When analyzing the efficiency (VL/workout time in minutes) of each method (Figure 3), there were significant difference between protocols.

Figure 2. Total training volume, in kilograms, in traditional method (TM), agonist-antagonist paired set method (APS), paired alternating by limb method (PAL) and circuit method (CM).



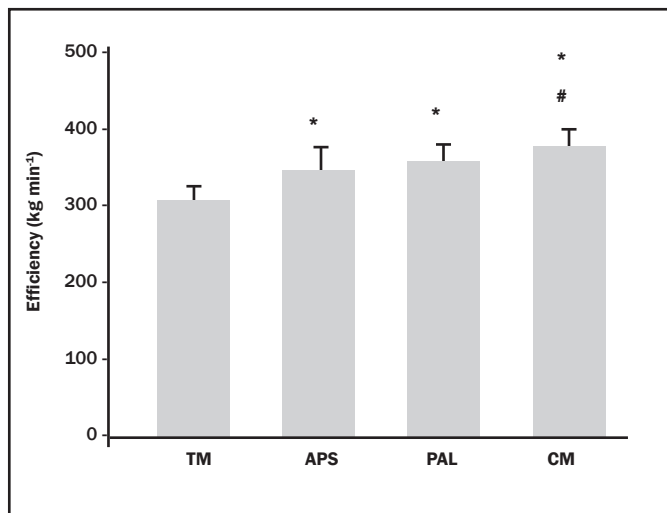
*significant difference for TM; #significant difference for APS.

Table 2. Total work (TW) in number of repetitions and volume load (VL) in kilograms of the traditional method (TM), agonist-antagonist paired set method (APS), paired alternating by limb method (PAL) and circuit method CM. Results expressed in mean (standard deviation).

	Biceps curl	Triceps press	Leg curl	Leg extension
Volume load (kilograms)				
TM	993.7 (290)	825.9 (158.9)	1860.5 (621.1)	2415.5 (732)
APS	1104.3 (235)	983.3 (180.6)*	2069.8 (613.3)	2773.1 (759.8)*
PAL	1149.1 (265.9)*	919 (136.6)	2336.2 (612.1)*	2835.0 (906.2)*
CM	1221.6 (255.1)*#	1074.1 (185.1)*&	2255.0 (722.3)*	2957.4 (847.6)*
Total Work (repetition)				
TM	34.7 (7.6)	34.2 (5.5)	35.2 (7.3)	33.8 (5.3)
APS	38.7 (5.8)*	40.5 (5.2)*	39.2 (7.4)	38.7 (4.4)*
PAL	40.1 (5.8)*	38.3 (6.7)	44.6 (8.4)*	39.3 (5.9)*
CM	42.8 (5.9)*#	44.4 (6.4)*&	42.5 (8.0)*	41.2 (4.5)*

*Significant difference for TM protocol ($p \leq 0.05$); #significant difference for APS protocol ($p \leq 0.05$). & significant difference for PAL protocol ($p \leq 0.05$).

Figure 3. Training efficiency (total training volume/workout time in minutes) in traditional method (TM), agonist-antagonist paired set method (APS), paired alternating by limb method (PAL) and circuit method (CM).



*significant difference for TM; #significant difference for APS.

Higher results were noted under the APS ($p = 0.005$), PAL ($p = 0.000$) and CM ($p = 0.000$) protocols versus the TM protocol. The CM protocol also showed significant differences versus the APS ($p = 0.02$) protocol. The results of RPE, in median (minimum – maximum) for each protocol were: TM = 7.5 (5 – 10); APS = 8.0 (5 – 10); PAL = 8 (6 – 10); CM = 8.5 (8 – 10). No significant differences were observed between protocols ($p = 0.072$).

Discussion

The main finding of the current study was the higher TTV noted under the APS, PAL and CM protocols versus the TM [6092.5 (± 433) kg] protocol. The CM protocol was also significantly greater versus the APS ($p = 0.026$) protocol. In summary, the TM protocol showed the lowest total TTV and efficiency, while the CM protocol showed the highest total TTV and efficiency (Figure 1 and 2).

In the present study, the recovery period between sets and exercises was similar between protocols; however, exercise order manipulation between training methods was crucial to promote changes in muscle endurance performance. In the TM protocol, the exercise sets were performed successively; conversely, during the APS, PAL, and CM protocols, the exercises were applied in an alternating manner. Higher repetition performance for the APS, PAL, and CM protocols may have been possible due to the greater recovery between like sets.

Previous studies indicated that repetition performance maintenance is impaired when shorter rest intervals (i.e., 30 s to one-min) are adopted between sets for the same exercise or muscle group, likely due to a decreasing concentration of creatine phosphate and elevated H⁺ concentrations due to rapid hydrolysis of ATP¹⁸⁻²⁰. Therefore, performing paired exercise sets for muscle groups may improve muscle endurance performance due to a longer recovery period between like sets.

In a previous study, Schoenfeld *et al.*²¹ compared different rest intervals between sets in an eight week periodized program in twenty-one recreationally trained men. The independent variable was the rest interval, where one group adopted shorter rest intervals (one minute) and the other group, longer rest intervals (three minutes) between exercise sets. The ST program was composed of seven different exercises for several muscle groups. Three sets of each exercise were performed for eight to 12 repetitions, and with 10-RM loads. At the beginning and end of the training period, muscle thickness was assessed via ultrasound for the elbow flexors, triceps brachii, and quadriceps femoris. Muscle strength (1-RM) and endurance (50% 1-RM to failure) in the bench press and back squat were also assessed. The authors noted that subjects which adopted the longer rest interval presented greater hypertrophic outcomes in the lower and upper limbs; and improved the 1-RM loads in both exercises tested versus the shorter rest interval group. These findings were attributed to higher VL performed in the longer rest interval training protocol. Although evident the importance of VL on training outcomes, the results of the present study should be carefully considered since only single joint exercises were used and only performance results of acute session were investigated.

Thus, rest interval between sets is important to improve performance, specially considering the VL of training session. In order to investigate different rest intervals, Scudese *et al.*²⁰ evaluated its effect on the repetition performance over five sets of the bench press exercise with 3-RM loads. Sixteen recreationally trained men performed four protocols with different rest intervals between sets (one, two, three and five minutes). The protocols that used two, three and five minutes showed greater performance when compared to the one-minute rest interval. However, no significant differences were observed between two, three, and five minutes rest. The present study adopted same rest interval between sets in each method, however, the methods APS, PAL and CM provided longer recovery for the same muscle group. This can justify the findings of higher VL for these methods when compared to TM. Additionally, this study implemented exercises for upper and lower limbs with an absolute load often prescribed to develop muscular endurance (15-RM), differing from Scudese *et al.*²⁰ that evaluated high-load training (i.e., 3-RM).

In this context, the APS method has been associated with a higher VL versus the TM. Paz *et al.*⁹ compared VL and workout efficiency for the APS method versus the TM for the upper limb musculature in trained men. For the APS method, subjects performed alternating sets of bench press and a wide grip seated row, with two minutes between agonist-antagonist paired sets. In the TM, subjects performed three successive sets of the bench press and then three successive sets of the wide grip seated row, with two minutes of rest between exercise sets. The authors observed higher VL and efficiency under the APS method versus the TM. In the present study, considering the strength performance between methods, the APS method resulted in a significantly lower VL versus the PAL and CM. Important to consider that during lower body multijoint exercises, the APS method presents limitations since coactivation of agonists and antagonists muscles occurs, and PAL can be an alternative for prescription when both limbs were performed in the same training session.

Considering that all training methods investigated had same total sets performed and same rest interval between sets, all the training sessions were performed with the same duration (20 minutes). Thus, CM seems to be a good alternative for increasing the efficiency of ST sessions, performing higher VL with same training duration. In a previous study, Alcaraz et al.²² compared the effects of the TM versus the CM over a period of eight months in 33 healthy men experienced in ST. The total session time for the TM was initially 105 minutes and by the end of the study was 125 minutes, since it followed a periodization scheme that increased the number of sets for each exercise. The CM followed the same periodization scheme, but the total session time was initially 55 minutes and at the end of the study was 78 minutes, being a time-efficient method since the VL was not different between protocols. The results showed no differences in strength development between protocols, measured with a 1-RM test for the upper and lower limb musculature in the bench press and half squat exercises, and the CM also showed a better result for body composition improvement. Thus, time-efficient methods can be a good alternative for practitioners that do not have too much time for training, but desire to improve strength and body composition.

The present study was limited by a small sample size. However, the procedures adopted in the current study had greater practical applications, since the exercises selected are generally prescribe in ST and the methods implemented in this study can be applied in gyms and training centers. However, only single joint exercises were performed, and future investigations should consider different exercises. Future studies should investigate the effect different training methods with a larger sample; novice and trained subjects; and assessing biochemical markers.

Conclusion

In conclusion, the TM condition resulted in the worst performance, and PAL and CM training systems promoted better results, considering the TTV and efficiency. When the goal is to achieve greater muscle endurance performance in a time-efficient manner, the PAL and CM may be a good alternative to be implemented by coaches and practitioners.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- American College of Sports Medicine. Position stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;42(3):1334-59.
- Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Prescribing Exercise as Preventive Therapy. *Canadian Medicine Association Journal.* 2006;174(7):961-74.
- Williams TD, Toluoso DV, Fedewa MV, Esco MR. Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: a meta-analysis. *Sports Med.* 2017;47(10):2083-100.
- Paz G, Robbins DW, Oliveira CG, Bottaro M, Miranda H. Volume load and neuromuscular fatigue during an acute bout of agonist-antagonist paired-set versus traditional-set training. *J Strength Cond Res.* 2017;31(10):2777-84.
- Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. The Effect of a Complex Agonist and Antagonist Resistance Training Protocol on Volume Load, Power Output, Electromyographic Responses, and Efficiency. *J Strength Cond Res.* 2010a;24(7):1782-9.
- Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-Antagonist Resistance Training Protocol on Volume Load and Efficiency. *J Strength Cond Res.* 2010b;24(10):2632-40.
- Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-Antagonist Paired Set Resistance Training: a Brief Review. *J Strength Cond Res.* 2010c;24(10):2873-82.
- Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Effects of agonist-antagonist complex resistance training on upper body strength and power development. *J Sport Sci.* 2009;27(14):1617-25.
- Paz GA, Maia MF, Lima VP, Miranda H. Efeito do Método Agonista-Antagonista Comparado ao Tradicional no Volume e Ativação Muscular. *Rev Bras Ativ Fis Saúde* 2014;19(1):56-65.
- Alcaraz PE, Sanchez-Lorente J, Blazeovich AJ. Physical performance and cardiovascular responses to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):667-71.
- Carregaro RL, Cunha RR, Cardoso JR, Pinto RS, Bottaro M. Efeitos da ordem de pré-ativação dos músculos antagonistas nas respostas neuromusculares dos extensores do joelho. *Rev Bras Fisioter.* 2011;15(6):452-9.
- Deminice R, Sicchieri T, Mialich MS, Milani F, Ovidio PP, Jordao AA. Oxidative stress biomarker responses to an acute session of hypertrophy-resistance traditional interval training and circuit training. *J Strength Cond Res.* 2011;25(3):798-804.
- Paz GA, Iglesias-Soler E, Willardson JM, Maia MF, Miranda H. Postexercise hypotension and heart rate variability responses subsequent to traditional, paired sets, and superset training methods. *J Strength Cond Res.* 2017, in press.
- Tuffano JJ, Brown LE, Haff GG. Theoretical and practical aspects of different cluster sets structures: a systematic review. *J Strength Cond Res.* 2016;31(3):848-67.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(1):3-13.
- Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, Tiryaki-Sonmez G. Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men. *J Strength Cond Res.* 2015;29(7):1821-9.
- Miranda H, Maia MF, Paz GA, De Souza JA, Simão R, Farias DA, et al. Repetition performance and blood lactate responses adopting different recovery periods between training sessions in trained men. *J Strength Cond Res.* 2018;32(12):3340-7.
- Filho JC, Gobbi LT, Gurjão AL, Gonçalves R, Prado AK, Gobbi S. Effect of different rest intervals, between sets, on muscle performance during leg press exercise, in trained older women. *J Sport Sci Med.* 2013;12(1):138-43.
- Hargreaves M, Mckenna MJ, Jenkins DG, Warmington SA, Li JL, Snow RJ, et al. Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise. *J Appl Physiol.* 1998;84:1687-9.
- Scudese E, Willardson JM, Simão R, Senna G, De Salles BF, Miranda H. The effects of rest interval length on repetition consistency and perceived exertion during near maximal loaded bench press sets. *J Strength Cond Res.* 2015;29(11):3079-83.
- Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Seller J, Nooner JL, et al. Longer intersets rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 2016;30(7):1805-12.
- Alcaraz PE, Perez-Gomez J, Chavarrias M, Blazeovich AJ. Similarity in adaptations to high-resistance circuit vs. traditional strength training in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 2011;25(9):2519-27.

Variables psicosociales, físicas y antropométrica en escolares chilenos. Un estudio comparativo según niveles de actividad física

Pedro Delgado-Floody¹, Constanza Palomino-Devia², Christianne Zulic-Agramunt³, Felipe Caamaño-Navarrete⁴, Iris Paola Guzman-Guzman⁵, Alfonso Cofre-Lizama^{6,7}, Mauricio Cresp-Barría⁴, Daniel Jerez-Mayorga⁸

¹Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación. Universidad de La Frontera. Temuco. Chile. ²Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Tolima. Colombia. ³Departamento de Psiquiatría y Salud Mental. Escuela de Medicina Universidad de la Frontera. Temuco. Chile. ⁴Universidad Católica de Temuco. Chile. ⁵Facultad de Ciencias Químico-Biológicas. Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero. México. ⁶Escuela de Psicología. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Santo Tomás. Temuco. Chile. ⁷Universidad Mayor. Chile. ⁸Facultad de Ciencias de la Rehabilitación. Universidad Andrés Bello. Santiago. Chile.

Recibido: 05.06.2018
Aceptado: 24.07.2018

Resumen

Introducción: La actividad física (AF) tiene múltiples beneficios para la salud física y mental en distintos tipos de poblaciones, sin embargo, no existen evaluaciones integrales en población escolar. Por otra parte los niveles de inactividad física han generado un incremento de la obesidad infantil en todo el mundo y de los factores de riesgo cardiovascular, afectando el desarrollo integral de los niños y su calidad de vida, además de un gran número de componentes psicosociales. El propósito de la investigación fue comparar según niveles de AF, variables psicosociales, antropométricas y físicas en escolares chilenos.

Método: Participaron 605 escolares (272 mujeres y 333 hombres) de entre 11 y 14 años de edad, se evaluó la autoestima, imagen corporal, capacidad cardiorrespiratoria, presión arterial y parámetros antropométricos.

Resultados: Las niñas presentaron mayor índice de masa corporal (IMC) y porcentaje de grasa corporal (GC), además presentaron mayor puntaje de riesgo de insatisfacción con la imagen corporal ($p=0,03$), en la autoestima no existieron diferencias ($p>0,05$). La AF fue superior en los niños ($p<0,001$), al igual que los valores en la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) ($P<0,05$). Los niños presentaron mayor proporción de escolares categorizados con AF alta ($p<0,001$). Los escolares con menores niveles de AF presentan parámetros antropométricos más elevados ($p<0,001$), así como también, presentan mayor riesgo de insatisfacción corporal ($p=0,009$), menor autoestima ($p<0,001$) y capacidad cardiorrespiratoria ($p<0,001$).

Conclusiones: Los escolares con menores niveles de AF presentan resultados negativos en variables psicosociales como la imagen corporal y autoestima, además de una menor capacidad cardiorrespiratoria y parámetros antropométricos elevados.

Palabras clave:

Obesidad. Actividad física. Escolares.
Capacidad cardiorrespiratoria.

Psychosocial, physical and anthropometric variables in Chilean schoolchildren. A comparative study according Physical Activity levels

Summary

Introduction: Physical activity (PA) has multiple benefits for physical and mental health in different types of populations; however, there are no comprehensive evaluations in school population. On the other hand, levels of physical inactivity have generated an increase in childhood obesity worldwide and cardiovascular risk factors, affecting the overall development of children and their quality of life, in addition to a large number of psychosocial components. The purpose of the research was to compare according to levels of PA, psychosocial, anthropometric and physical variables in Chilean schoolchildren.

Method: 605 schoolchildren (272 women and 333 men) between 11 and 14 years of age participated. Self-esteem, body image, cardiorespiratory fitness, blood pressure and anthropometric parameters were evaluated.

Results: The girls presented higher body mass index (BMI) and percentage of body fat (BF), in addition they presented higher risk score of dissatisfaction with the corporal image ($p = 0.03$), in the self-esteem there were no differences ($p > 0.05$). PA was higher in children ($p < 0.001$), as were values in systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) ($p < 0.05$). Children had a higher proportion of school children categorized with high PA ($p < 0.001$). School children with lower levels of PA have higher anthropometric parameters ($p < 0.001$), as well as a higher risk of body dissatisfaction ($p = 0.009$) and lower self-esteem ($p < 0.001$) and cardiorespiratory fitness ($p < 0.001$).

Conclusion: Schoolchildren with lower PA levels presented negative results in psychosocial variables such as body image and self-esteem, as well as a lower cardiorespiratory fitness and high anthropometric parameters.

Key words:
Obesity. Physical activity.
Schoolchildren.
Cardiorespiratory capacity.

Correspondencia: Daniel Jerez-Mayorga
E-mail: daniel.jerez@unab.cl

Introducción

Existen asociaciones sólidas entre la actividad física (AF), obesidad y factores de riesgo cardiometabólico en niños^{1,2}, ya que los bajos niveles de AF hoy en día presentes^{3,4}, han generado un incremento de la obesidad infantil en todo el mundo⁵ y de los factores de riesgo cardiovascular⁶, además han afectado el desarrollo integral de los niños, su calidad de vida⁷ y distintas variables psicosociales⁸.

En general, la literatura ha demostrado consistentemente una asociación significativa entre la AF y distintas variables psicosociales y la salud mental, pero los diseños de investigación a menudo son débiles y los efectos son pequeños o moderados⁹, generando un vacío en relación a los niveles de AF y variables como la autoestima y la insatisfacción por la imagen corporal. Estas dos variables psicosociales presentan elevada importancia en el desarrollo de los escolares, ya que la insatisfacción corporal es un buen predictor de varios riesgos de salud mental⁹, y la autoestima por su parte se relaciona con muchos aspectos positivos de la salud mental y logros académicos⁸.

En relación a la salud física, la presión arterial es un elemento utilizado para evaluar la respuesta del corazón, y sus valores elevados tienen un valor predictivo para el posterior desarrollo de la hipertensión arterial (HTA)¹⁰. La HTA en la edad pediátrica es frecuentemente infra diagnosticada¹¹, además, es considerada como el factor de riesgo más importante para padecer accidente cardiovascular a nivel mundial¹² y su pesquisa y detección en niños y adolescentes debe ser una prioridad.

La condición física por otro lado igualmente es un componente importante de la salud, ya que niños y adolescentes que presentan una mayor capacidad cardiorrespiratoria (CRF) poseen un riesgo cardiometabólico menor¹³, y por lo tanto un perfil cardiovascular más saludable¹⁴. Por tal motivo, esta capacidad es un componente fundamental para el desarrollo en esta etapa de la vida¹⁵ y su evaluación en etapas tempranas son de suma importancia¹⁶, ya que este riesgo podría modificarse mejorando principalmente la CRF¹⁷ y aumentando los niveles de AF.

La mayoría de los estudios en población infantil, realizan evaluaciones de forma aislada de variables físicas, antropométricas y/o psicosociales en relación al nivel de AF, existiendo un vacío en la literatura donde se comparen todas estas variables dentro de un mismo contexto escolar, para poder apreciar el daño real de los bajos niveles de AF. Debido a lo anteriormente mencionado, el propósito de la investigación fue comparar según los niveles de AF, variables psicosociales, antropométricas y físicas de escolares chilenos.

Material y método

Participantes

La participación del estudio fue voluntaria y el muestreo de tipo intencionado. La primera población incluida (n = 687), fue de una población finita de 19 cursos (35 estudiantes cada curso aproximadamente) en la etapa de inscripción. Después de los requisitos de inclusión / exclusión de criterios, se excluyó un total de (n = 82), por diferentes motivos, pero principalmente por la imposibilidad de realizar las evaluaciones en algunos cursos por motivos administrativos. Participaron

finalmente 605 escolares (272 mujeres y 333 hombres) pertenecientes a centros educativos de la región de la Araucanía, Chile.

Los criterios de inclusión fueron presentar el consentimiento informado por parte de los padres y el asentimiento del participante, estar matriculado en los colegios de estudios y tener entre 11 y 14 años de edad. Debido al carácter de voluntario los escolares que no cumplieron con lo solicitado fueron excluidos de la investigación.

Los criterios de exclusión fueron: la presentación de trastornos musculoesqueléticos o cualquier otra afección médica conocida que pudiera alterar el rendimiento y la salud de los participantes durante las evaluaciones físicas; además, se excluyeron los escolares con discapacidades físicas, sensoriales o intelectuales.

La investigación respetó los acuerdos de la declaración de Helsinki del año 2013 y fue aprobada por el comité de bioética de la Universidad de Jaén, España. Todos los participantes recibieron explicaciones verbales del programa y de las pruebas antes del inicio de este estudio.

Instrumentos

Parámetros antropométricos

Para evaluar la masa corporal (kg) se utilizó una balanza TANITA, modelo Scale Plus UM – 028 (Tokio, Japón), los escolares fueron evaluados con los pies descalzos y en ropa interior. La talla (m) se estimó con un tallímetro marca Seca® modelo 214 (Hamburgo, Alemania), graduada en mm. El índice de masa corporal (IMC) entendido como la relación entre el peso corporal dividido por la talla en metros al cuadrado (kg/m²) se utilizó para estimar el grado de obesidad determinando el estatus de peso corporal de los participantes de acuerdo al siguiente criterio de calificación según su percentil; IMC entre p 85 y < p 95: Sobrepeso, IMC > p 95¹⁸: Obesidad. La circunferencia de cintura (CC) se midió empleando una cinta métrica marca Seca® modelo 201 (Hamburgo, Alemania) a la altura de la cicatriz umbilical. La razón cintura estatura (RCE), se obtiene al dividir la CC por la estatura y se utilizó como herramienta para estimar la acumulación de grasa en la zona central del cuerpo, valores >0.5 indica riesgo cardiometabólico¹⁹.

Capacidad cardiorrespiratoria

La capacidad cardiorrespiratoria (CRF) se midió mediante la prueba progresiva de carrera de 20 m²⁰ (20mSRT). Se requirió que los participantes corrieran entre 2 líneas a una distancia de 20 m, mientras mantenían el ritmo de las señales de audio emitidas desde un CD pregrabado²⁰.

Presión arterial

La presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) fueron medidas en dos oportunidades después de 15 minutos de reposo, utilizando normas de clasificación de estudios en niños y adolescentes ampliamente reconocidos¹². Para ambas evaluaciones se utilizó un monitor electrónico digital OMRON®, modelo HEM 7114, (Illinois, USA).

Niveles de Actividad Física

Para medir los niveles de actividad física se utilizó el Cuestionario de AF para Niños (PAQ C). El cuestionario presenta 10 preguntas y la

n°10 es excluida de los análisis, ya que en ella se consulta en relación a enfermedad de los niños durante la última semana²¹. El puntaje mínimo de las respuestas totales es 9 puntos y el máximo 45; un puntaje más alto indica un nivel más alto de AF.

Autoestima

Para la medición de autoestima se utilizó el TAE-Alumno²²: Batería de Test de Autoestima Escolar, vía auto reporte general para alumnos de 3° a 8° de primaria en relación a una norma establecida por curso y por edad. Se aplica 1 punto por cada respuesta positiva y 0 punto por cada respuesta negativa, la sumatoria del puntaje bruto se transforma a puntaje T según normas por edad y se sitúa al alumno acorde a las siguientes categorías: Autoestima normal: mayores o iguales a 40 puntos. Baja autoestima: entre 30 y 39 puntos. Muy baja autoestima: iguales o menores a 29 puntos. El nivel de consistencia interna alcanzado en este cuestionario con la muestra actual fue de Alfa CronBach= 0,81.

Imagen corporal

Para identificar la presencia de insatisfacción con la imagen corporal se utilizó el Cuestionario de la figura corporal BSQ (Body Shape Questionnaire) diseñado por Cooper, Taylor, Cooper y Fairburn en 1987²³. El cuestionario está integrado por 34 ítems que tienen como opción de respuesta una escala tipo Likert de seis puntos, que equivalen a: uno = nunca, dos = raramente, tres = a veces, cuatro = a menudo, cinco = muy a menudo y seis = siempre. El puntaje máximo a obtener es de 204 puntos y un mínimo de 34, los cuales se dividen en los siguientes puntos de corte: a) menor a 81 no insatisfacciones por la imagen corporal; b) 81-110 leve insatisfacción; c) 111-140 moderada insatisfacción y d) mayor a 140, extrema insatisfacción.

Procedimientos

Los asistentes de investigación (evaluadores) capacitados previamente visitaron los centros educativos seleccionados durante el año escolar chileno de 2017 y llevaron a cabo las evaluaciones de los niños que presentaron el consentimiento de los padres y su asentimiento. Las evaluaciones se llevaron a cabo en un espacio favorable facilitado por el centro educativo con temperatura óptima y privacidad confiable. Las evaluaciones se llevaron a cabo durante las clases de educación física y por la mañana.

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado con el software STATA v13.0. Las variables de tipo cualitativo nominal fueron expresadas como proporciones y las diferencias fueron calculadas usando la prueba de ji cuadrada (Chi²). Las variables continuas mostraron distribución no paramétrica por lo que se expresan como medianas y percentiles 5 y 95. Las diferencias entre grupos fueron determinadas mediante las pruebas de U de Mann-Whitney y Kruskal Wallis. Para establecer la relación entre variables de riesgo cardiometabólico, actividad física y percepción del esfuerzo físico se determinó el coeficiente de correlación de Spearman. Los valores de $p < 0,05$ fueron considerados estadísticamente significativos.

Resultados

En la Tabla 1 se observa la comparación por sexo, las niñas presentaron mayor IMC y GC (%), además presentaron mayor puntaje de riesgo de insatisfacción con la imagen corporal que los niños ($p=0,03$), en la autoestima no existieron diferencias ($p>0,05$). La AF fue superior en los niños ($p<0,001$), al igual que los valores en la PAS y PAD ($P<0,05$).

La proporción de escolares con puntajes superiores de AF fue mayor en los niños ($p<0,001$). En la categoría de peso, RCM, insatisfacción corporal y autoestima no existieron diferencias ($p>0,05$) (Tabla 2).

En la Tabla 3, se observa que los escolares con mayores niveles de AF presentan un IMC, CC, RCE y GC menor ($p<0,001$), así como también, presentan menor puntaje de riesgo de insatisfacción corporal ($p=0,009$) y mayor puntaje de autoestima ($p<0,001$) y mejor resultado en el 20mSRT ($p<0,001$).

En la Figura 1, los escolares categorizados con AF baja, presentaron mayor insatisfacción con la imagen corporal ($p=0,009$) y niveles más bajos de autoestima ($p<0,001$).

Discusión

El propósito de la investigación fue comparar según niveles de AF, variables psicosociales, antropométricas y físicas en escolares. El principal hallazgo del estudio fue que los escolares con menores niveles de AF presentan resultados negativos en las variables de psicosociales, físicas y antropométricas en comparación con los que realizan más AF. Resultados importantes, ya que son indicadores de salud física y mental, que afectan el crecimiento integral de los escolares.

Tabla 1. Descripción de las variables de estudio según sexo.

Variables	Niñas (n=272)	Niños (n=333)	Valor de p
Edad (años)	12 (10-14)	12 (10-14)	0,08
Peso (kg)	50,4 (32,5-72)	49 (33,2-81,7)	0,66
Talla (m)	1,53 (1,39-1,67)	1,55 (1,38-1,74)	0,009
IMC (kg/m ²)	21,31 (15,7-30,2)	20,2 (15,3-24,5)	0,05
CC (cm)	71 (59-95)	72 (57-98)	0,30
RCE (CC/talla ²)	0,46 (0,38-0,61)	0,47 (0,38-0,6)	0,94
GC (%)	24,6 (13,9-35,8)	23,7 (10,5-37,9)	0,02
Imagen corporal (puntaje)	48 (34-134)	45 (34-122)	0,03
Autoestima (puntaje)	52 (33-68)	50 (34-66)	0,73
20mSRT (min)	3 (2-7)	5 (2-10)	<0,001
Actividad Física (puntaje)	31 (10-40)	34 (15-50)	<0,001
PAS (mmHg)	120 (88-135)	123 (96-141)	0,007
PAD(mmHg)	78,5 (54-98)	80 (57-110)	0,01

Los datos mostrados representan mediana y percentiles 5-95, valor de p, prueba de U de Mann-Whitney. IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de cintura; RCE: razón cintura-estatura; 20mSRT: prueba de carrera de lanzada de 20 m; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica.

Tabla 2. Frecuencia de parámetros de riesgo cardiometabólico, actividad física y percepción corporal en escolares chilenos.

Variables	Total n=605	Niñas n=272	Niños n=333	Valor de p
Categoría de peso n (%)				0,01
Normopeso	323 (53,4)	143 (52,6)	180 (54,1)	
Sobrepeso	138 (22,8)	75 (27,6)	63 (18,9)	
Obesidad	144 (23,8)	54 (19,8)	90 (27,0)	
RCM n (%)				0,39
Sin riesgo	496 (82,0)	227 (83,5)	269 (80,8)	
Con riesgo	109 (18,0)	45 (16,5)	64 (19,2)	
Insatisfacción corporal n (%)				0,17
Ninguna	525 (86,8)	228 (83,8)	297 (89,1)	
Leve	41 (6,8)	23 (8,5)	18 (5,4)	
Moderada	23 (3,8)	14 (5,2)	9 (2,7)	
Extrema	16 (2,6)	7 (2,6)	9 (2,7)	
Autoestima n (%)				0,17
Normal	535 (88,4)	237 (87,1)	298 (89,5)	
Baja	59 (9,8)	27 (9,9)	32 (9,6)	
Muy baja	11 (1,89)	8 (2,9)	3 (0,9)	
Actividad física n (%)				<0,001
≥ Alta 40	95 (15,7)	24 (8,8)	71 (21,3)	
20-39 moderada	355 (58,7)	195 (71,7)	160 (48,1)	
<20 baja	155 (25,6)	53 (19,5)	102 (30,6)	

Los datos mostrados representan número y proporciones, valor de p, prueba de Chi².

Tabla 3. Comparación de variables de estudio según niveles de Actividad Física.

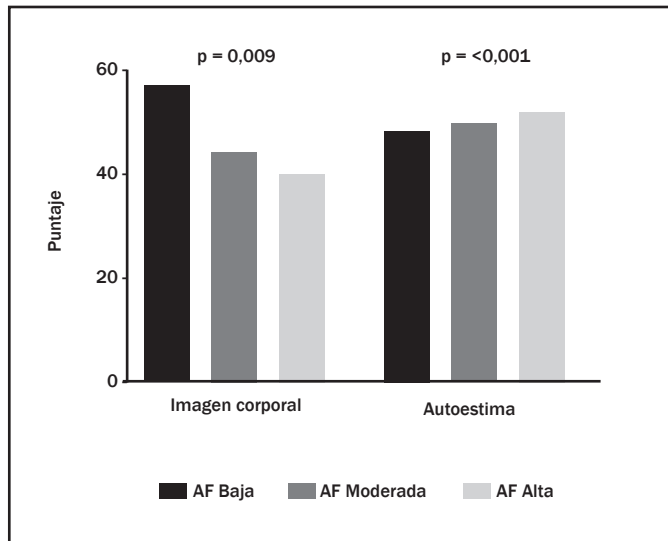
Variables	AF Baja < 20	AF Moderada 20-39	AF Alta > 39	Valor de p
n (%)	155 (25,6)	297 (49,0)	153 (25,3)	
Edad (años)	12 (10-14)	12 (10-14)	12 (10-14)	0,62
IMC (kg/m ²)	25,8 (16,0-32,0)	20,46 (15,9-24,8)	19,2 (14,7-27,8)	<0,001
CC (cm)	81 (62- 102)	70 (59-86)	68 (55-90)	<0,001
RCE (cc/talla ²)	0,53 (0,39-0,64)	0,45 (0,39-0,57)	0,44 (0,37-0,58)	<0,001
GC (%)	26 (16,4-35,1)	23,5 (12,5-38)	22,9 (10,5-39)	<0,001
Imagen corporal (puntaje)	57 (34-144)	45 (34-100)	40 (34-106)	0,009
Autoestima (puntaje)	48 (33-56)	50 (38-68)	52 (39-68)	<0,001
20mSRT	4 (2-7)	4 (2-9)	6 (2-11)	<0,001
PAS (mmHg)	123 (94-147)	121 (89-137)	122 (90-132)	0,41
PAD (mmHg)	80 (57-108)	79 (55-100)	79 (56-100)	0,86

Los datos mostrados representan mediana y percentiles 5-95, valor de p, prueba de kruskal-wallis. IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de cintura; RCE: razón cintura-estatura, 20 m; SRT: prueba de carrera de lanzada de 20 m; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica.

Los escolares evaluados en la presente investigación y que reportan menores niveles de AF, presentaron mayor puntaje de insatisfacción con la imagen corporal, al igual que las niñas en comparación con los niños. Una investigación realizada con adolescentes españoles reveló que la insatisfacción corporal se asocia negativamente con la AF en ambos sexos²⁴ e igual a lo reportado con escolares brasileiros, donde

las mujeres presentaron valores significativamente mayores que los hombres²⁵ y similar a lo reportado anteriormente en escolares chilenos²⁶.

En relación a la autoestima los escolares con menores niveles de AF, presentaron menores puntajes. Situación negativa ya que bajos niveles de autoestima se han asociado con problemas familiares, menor apoyo social percibido, e incluso se considera un predictor de mayores tasas

Figura 1. Comparación de puntajes de insatisfacción con imagen corporal y autoestima según niveles de actividad física.

de suicidio²⁷. Asimismo, se ha demostrado consistentemente una asociación significativa entre la AF y el autoconcepto físico y sus diversos subdominios en niños y adolescente⁹, una investigación realizada con escolares chilenos reportó una relación positiva entre el nivel de AF y el nivel de autoestima de los escolares²⁸. De igual forma una revisión sistemática informó que las intervenciones de AF presentan relación con mejoras en el autoconcepto y la autoestima de los niños y adolescentes, y que el mejor espacio para llevar a cabo las intervenciones es en la escuela²⁹.

La AF puede proporcionar beneficios psicológicos, una creciente literatura sugiere que la AF puede mejorar la salud mental, incluida la depresión, la ansiedad y la autoestima⁹. Se ha demostrado que mayores niveles de AF a las edades de 9 y 11 años predicen una mayor autoestima a las edades de 11 y 13 años³⁰, siendo la autoestima considerada como clave en el rendimiento académico, estos hallazgos resaltan la necesidad de promover la actividad física entre las adolescentes como un método para fomentar la autoestima positiva.

En relación a la CRF los escolares con menores niveles de AF reportaron menores niveles de esta capacidad, revisiones internacionales epidemiológicas plantean que la CRF ha sido una de las variables fisiológicas más ampliamente examinadas, particularmente en lo que se refiere a la capacidad funcional y el rendimiento humano³¹. Por otra parte, una reciente revisión en población adolescente se comprobó que existen ciertos factores que se asocian a bajos niveles de CRF como los bajos niveles de AF, tiempo de pantalla excesivo y el exceso de grasa corporal³². En las últimas tres décadas, CRF se ha convertido en un fuerte e independiente predictor de mortalidad por todas las causas y enfermedad específica, siendo marcadores de salud física, mental y cognición³³.

En la muestra estudiada los escolares con AF baja presentaron parámetros antropométricos elevados. Esta situación se repite en varios países donde la falta de AF aumenta los factores de riesgo individuales para desarrollar sobrepeso y obesidad³⁴. Un estudio de gran envergadura

donde se evaluaron a niños de 9 a 11 años en 12 diferentes países, reportó que la falta de AF es un factor de riesgo conductual muy importante, junto con otros factores asociados con el sedentarismo (falta de sueño y horas de televisión)³⁵.

En la presente investigación no existieron diferencias en comparación según niveles de AF de la PAS y PAD, de igual forma es necesario enfatizar que la AF presenta beneficios sobre la presión arterial en niños³⁶. Una investigación informó que existe un mayor riesgo de hipertensión en personas con bajos niveles de AF combinado con sobrepeso u obesidad³⁷; Además, estos factores también aumentan el riesgo de desarrollar diabetes, con niveles más altos de insulina en circulación³⁸.

Finalmente podemos plantear que la AF se asocia con distintos parámetros psicosociales³⁹. Por esta razón, aumentar la AF entre los niños es una prioridad, ya que su incremento en edades tempranas además aumenta la autoestima en edad posterior. Pero también es importante considerar que las intervenciones deben enfatizar de igual forma el apoyo de los padres y su capacidad para promover la AF en sus hijos, proporcionando retroalimentación positiva, sirviendo como modelos activos y facilitando la participación en programas de AF⁴⁰. Por tal motivo los centros educativos parecen propicios para realizar estas intervenciones, ya que pueden tener esta vinculación de escuela, profesores, entorno, apoderados, padres y estudiantes.

Limitaciones y fortalezas

La principal limitación del estudio fue la evaluación de los niveles de AF, ya que se llevó a cabo a través de una encuesta donde cada uno de los escolares evaluados reportaba su participación. Como fortaleza encontramos que el estudio fue realizado dentro del contexto escolar con una muestra amplia, lo que permite entregar información a los centros educativos y aportar al desarrollo de políticas educacionales sobre el incremento de la AF escolar.

Conclusión

Como conclusión, encontramos que los escolares con mayores niveles de AF presentan mejores resultados en variables psicosociales como la imagen corporal y la autoestima, además en la CRF y en distintos parámetros antropométricos, por tal motivo es necesario incentivar dentro del contexto escolar el incremento de los niveles de AF, ya que tiende a mejorar aspectos biopsicosociales y por el contrario sus bajos niveles se relacionen con múltiples aspectos negativos de la salud en los escolares.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- Andersen LB, Harro M, Sardinha LB, Froberg K, Ekelund U, Brage S, *et al*. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet*. 2006;368(9532):299-304.
- Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, González-Gross M, Wärnberg J, *et al*. Low level of physical fitness in Spanish adolescents. Relevance for future cardiovascular health (AVENA study). *Rev Esp Cardiol*. 2005;58(8):898-909.

3. Tremblay MS, Gray CE, Akinroye K, Harrington DM, Katzmarzyk PT, Lambert EV, et al. Physical activity of children: a global matrix of grades comparing 15 countries. *J Phys Act Health*. 2014;11(51):113-25.
4. Dentre KN, Beals K, Crouter SE, Eisenmann JC, McKenzie TL, Pate RR, et al. Results from the United States' 2014 report card on physical activity for children and youth. *J Phys Act Health*. 2014;11(51):S105-12.
5. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384(9945):766-81.
6. Bridger T. Childhood obesity and cardiovascular disease. *Paediatrics & child health*. 2009;14(3):177-82.
7. Griffiths LJ, Parsons TJ, Hill AJ. Self-esteem and quality of life in obese children and adolescents: a systematic review. *Int J Pediatr Obes*. 2010;5(4):282-304.
8. Shin NY, Shin MS. Body dissatisfaction, self-esteem, and depression in obese Korean children. *J Pediatr*. 2008;152(4):502-6.
9. Babic MJ, Morgan PJ, Plotnikoff RC, Lonsdale C, White RL, Lubans DR. Physical activity and physical self-concept in youth: systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2014;44(11):1589-601.
10. Kekes E, Kiss I. Measurement of blood pressure variability and the clinical value. *Orv Hetil*. 2014;155(42):1661-72.
11. Becker MdMC, Silva OB, Moreira IEG, Victor EG. Arterial blood pressure in adolescents during exercise stress testing. *Arq Bras Cardiol*. 2007;88(3):329-33.
12. Falkner B, Daniels SR. Summary of the Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Hypertension*. 2004;44(4):387-8.
13. Díez-Fernández A, Sánchez-López M, Mora-Rodríguez R, Notario-Pacheco B, Torrijos-Niño C, Martínez-Vizcaino V. Obesity as a mediator of the influence of cardiorespiratory fitness on cardiometabolic risk: a mediation analysis. *Diabetes Care*. 2014;37(3):855-62.
14. Walker JL, Murray TD, Eldridge J, Squires J, William G, Silvius P, et al. The Association between Waist Circumference and FITNESSGRAM® Aerobic Capacity Classification in Sixth-Grade Children. *Pediatr Exerc Sci*. 2015;27(4):488-93.
15. Jankowski M, Niedzielska A, Brzezinski M, Drabik J. Cardiorespiratory fitness in children: a simple screening test for population studies. *Pediatr Cardiol*. 2015;36(1):27-32.
16. Lindgren M, Aberg M, Schaufelberger M, Aberg D, Schioler L, Toren K, et al. Cardiorespiratory fitness and muscle strength in late adolescence and long-term risk of early heart failure in Swedish men. *Eur J Prev Cardiol*. 2017;24(8):876-84.
17. Zaqout M, Michels N, Bammann K, Ahrens W, Sprengeler O, Molnar D, et al. Influence of physical fitness on cardio-metabolic risk factors in European children. The IDEFICS study. *Int J Obes (Lond)*. 2016;40(7):1119-25.
18. Karnik S, Kanekar A. Childhood obesity: a global public health crisis. *Int J Prev Med*. 2012;3(1):1-7.
19. Chung IH, Park S, Park MJ, Yoo E-G. Waist-to-height ratio as an index for cardiometabolic risk in adolescents: Results from the 1998-2008 KNHANES. *Yonsei Med J*. 2016;57(3):658-63.
20. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6(2):93-101.
21. Manchola-González J, Bagur-Calafat C, Girabent-Farrés M. Fiabilidad de la versión española del cuestionario de actividad física PAQ-C. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2017;17(65):139-52.
22. Marchant T, Haeussler I, Torretti A. TAE: Batería para evaluar autoestima escolar. Santiago. Ediciones Universidad Católica de Chile; 2002. p. 55.
23. Cooper PJ, Taylor MJ, Cooper Z, Fairbum CG. The development and validation of the Body Shape Questionnaire. *Int J Eat Disord*. 1987;6(4):485-94.
24. Anez E, Fornieles-Deu A, Fauquet-Ars J, Lopez-Guimera G, Puntí-Vidal J, Sanchez-Carracedo D. Body image dissatisfaction, physical activity and screen-time in Spanish adolescents. *J Health Psychol*. 2018;23(1):36-47.
25. Petroski EL, Pelegrini A, Glaner MF. Motivos e prevalência de insatisfação com a imagem corporal em adolescentes. *Cien Saude Colet*. 2012;17:1071-7.
26. Delgado Floody P, Martínez Salazar C, Caamaño Navarrete F, Jerez Mayorga D, Osorio Poblete A, García Pinillos F, et al. Insatisfacción con la imagen corporal y su relación con el estado nutricional, riesgo cardiometabólico y capacidad cardiorrespiratoria en niños pertenecientes a centros educativos públicos. *Nutr Hosp*. 2017;34(5):1044-9.
27. Salvo G L, Melipillán A R. Predictores de suicidalidad en adolescentes. *Rev Chil Neuro-psiquiatr*. 2008;46:115-23.
28. Zurita-Ortega F, Castro-Sánchez M, Rodríguez-Fernández S, Cofré-Boladós C, Chacón-Cuberos R, Martínez-Martínez A, et al. Actividad física, obesidad y autoestima en escolares chilenos: Análisis mediante ecuaciones estructurales. *Rev Med Chil*. 2017;145(3):299-308.
29. Johnson A, Connolly P, Tully MA. School-based physical activity interventions and wellbeing in children: a systematic review and intervention complexity assessment. *Campbell Systematic Reviews*. (Revista Electronica) 2017 (Consultado 0501/2018). Disponible en: <https://campbellcollaboration.org/library/school-based-physical-activity-childrens-wellbeing.html>
30. Schmalz DL, Deane GD, Birch LL, Davison KK. A longitudinal assessment of the links between physical activity and self-esteem in early adolescent non-Hispanic females. *J Adolesc Health*. 2007;41(6):559-65.
31. Harber MP, Kaminsky LA, Arena R, Blair SN, Franklin BA, Myers J, et al. Impact of cardiorespiratory fitness on all-cause and disease-specific mortality: advances since 2009. *Prog Cardiovasc Dis*. 2017;60(1):11-20.
32. de Andrade Goncalves EC, Augusto Santos Silva D, Gimenes Nunes HE. Prevalence and Factors Associated With Low Aerobic Performance Levels in Adolescents: A Systematic Review *Curr Pediatr Rev*. 2015;11(1):56-70.
33. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, Etnier JL, Lee S, Tomporowski P, et al. Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(6):1223-4.
34. Mistry SK, Puthussery S. Risk factors of overweight and obesity in childhood and adolescence in South Asian countries: a systematic review of the evidence. *Public Health*. 2015;129(3):200-9.
35. Katzmarzyk PT, Barreira TV, Broyles ST, Champagne CM, Chaput JP, Fogelholm M, et al. Relationship between lifestyle behaviors and obesity in children ages 9-11: Results from a 12-country study. *Obesity*. 2015;23(8):1696-702.
36. Farpour-Lambert NJ, Aggoun Y, Marchand LM, Martin XE, Herrmann FR, Beghetti M. Physical activity reduces systemic blood pressure and improves early markers of atherosclerosis in pre-pubertal obese children. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(25):2396-406.
37. Álvarez C, Ramírez-Campillo R, Martínez-Salazar C, Vallejos-Rojas A, Jaramillo-Gallardo J, Salas Bravo C, et al. Hipertensión en relación con estado nutricional, actividad física y etnicidad en niños chilenos entre 6 y 13 años de edad. *Nutr Hosp*. 2016;33(2):220-5.
38. Thota P, Perez-Lopez FR, Benites-Zapata VA, Pasupuleti V, Hernandez AV. Obesity-related insulin resistance in adolescents: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Gynecol Endocrinol*. 2017;33(3):179-84.
39. Biddle SJ, Asare M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med*. 2011;45(11):886-95.
40. Leung K-M, Chung P-K, Kim S. Parental support of children's physical activity in Hong Kong. *Eur Phy Educ Rev*. 2017;23(2):141-56.

Interchangeability of two tracking systems to register physical demands in football: multiple camera video versus GPS technology

Julen Castellano¹, David Casamichana², Miguel Angel Campos-Vázquez³, Argia Langarika-Rocafort¹

¹University of the Basque Country (UPV/EHU). Vitoria-Gasteiz. ²Universidad Europea del Atlántico. Santander. ³Faculty of Sport. Pablo de Olavide University. Sevilla.

Recibido: 11.05.2018
Aceptado: 24.07.2018

Summary

The main aim of this investigation was to study the agreement between the distances covered at various speeds by professional soccer players in official matches using a Video-based system (VBS) and a Global Position System (GPS), and to create equations that predict distances from those obtained by other technologies. For these purposes twelve professional soccer (La Liga Santander) players' activities in official matches were registered simultaneously with a semi-automatic multiple-camera or VBS (TRACAB®, system offered by Mediacoach®) and GPS (GPEXE®, Exelio, Udine, Italia). The measured variables were the distance covered by the players at various speeds ranges such as: <7, from 7 to 14, from 14 to 21, from 21 to 24, and >24, (all in km·h⁻¹) and as well several time slots (15, 30 and 45 minutes) were considered. The agreement between the distance recorded by VBS and GPS was studied using the Bland-Altman method. Furthermore, calibration equations using linear regression models were calculated in order to allow interchangeability of data from VBS to GPS and viceversa. The results showed that the agreement between VBS and GPS was low due to elevated systematic (from 3.3 m to -164.4 m) and random error (from 29.3 m to 274.8 m). VBS measured systematically more distance than GPS and the difference between VBS and GPS tended significantly to rise as the distance increased. However, the calibration equations were significant ($p < 0.05$) and predicted the distance from one system to another well ($R^2 = 0.55-0.90$). In conclusion, the distance recorded by VBS and GPS cannot be used interchangeably and the calibration equations provided by this study should be used to compare or exchange distances between the two systems.

Key words:

External load. Match analysis.
Agreement. Calibration equations. Elite.

Intercambiabilidad de dos sistemas de seguimiento para registrar las demandas físicas en el fútbol: video cámara múltiple versus tecnología GPS

Resumen

Los objetivos de este estudio han sido estudiar el grado de acuerdo entre las distancias recorridas a diferentes velocidades por jugadores profesionales del fútbol (La Liga Santander) registradas por el sistema semiautomático de multi-cámara (VBS) y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y encontrar ecuaciones de calibración entre los dos sistemas. Para ello se registraron las actividades de once jugadores profesionales de fútbol en partidos oficiales simultáneamente con el VBS (TRACAB®, system offered by Mediacoach®) y GPS (GPEXE®, Exelio, Udine, Italia). Las variables medidas fueron la distancia recorrida por los jugadores en diferentes rangos de velocidad, tales como: <7, de 7 a 14, de 14 a 21, de 21 a 24, y >24, (todos en km·h⁻¹) considerándose varios intervalos de tiempo (15, 30 y 45 minutos). El acuerdo entre la distancia registrada por VBS y GPS se estudió utilizando el método de Bland-Altman. Además, las ecuaciones de calibración, usando modelos de regresión lineal, se calcularon para permitir la intercambiabilidad de datos del sistema semiautomático a los GPS y viceversa. Los resultados mostraron que el acuerdo entre VBS y GPS fue bajo debido a un elevado error sistemático (de 3.3 m a -164.4 m) y aleatorio (de 29.3 m a 274.8 m). VBS midió sistemáticamente más distancia que GPS y la diferencia entre VBS y GPS tendió a aumentar significativamente a medida que aumentó la distancia recorrida. Sin embargo, las ecuaciones de calibración fueron significativas ($p < 0.05$) y predijeron bien la distancia de un sistema a otro ($R^2 = 0.55-0.90$). En conclusión, la distancia registrada por VBS y GPS no se puede utilizar de manera intercambiable y las ecuaciones de calibración proporcionadas por este estudio se podrían usar para comparar e intercambiar las distancias entre los dos sistemas.

Palabras clave:

Carga externa.
Análisis de competición.
Ecuaciones de calibración. Élite

Correspondencia: Julen Castellano Paulis
E-mail: julen.castellano@ehu.eus

Introduction

Monitoring and management of the athletes' workloads has been in the spotlight in recent years¹. It is important to monitor individual load during training sessions and matches for several reasons: improved performance, management of load distribution, injury prevention and coach feedback². Athletes participating in elite sports are exposed to high workloads and increasingly saturated competition calendars, so poor load management is one of the major risk factors of injury³.

The analysis of soccer player activity during matches and /or training sessions have been studied using different techniques and instruments⁴. If we refer to the level of human participation in the process of coding and recording the movements of athletes, we could talk about: a) manual technique, which include using pen and paper, accounting for strides, tape recorder usage, observation software or digitizing tablets carry out the recording with greater personal involvement⁵. This technique requires certain inference from the observer to encode and later register the physical variables⁶; b) A second technique, vision-based systems (VBS), using semi-automatic procedures for monitoring players, and where the support of video playback is indispensable and the interpretive work of the behaviour is largely reduced⁷ and, finally; c) the third type, the one which uses radiofrequency or telemetry (such as, Global or Local Positioning Systems, GPS or LPS, respectively). This technique allows automatic tracking and monitoring of the movements of players without the intervention of 'intermediaries'. Technology such as GPS and other micro-technology (e.g., accelerometer, gyroscope and magnetometer) produces a plethora of variables enabling practitioners to quantify training load in more detail than ever before⁸.

New technology and analytical methods have led to new possibilities on how to monitor load. Currently in high performance, the player activity analysis during matches and/or training sessions can be measured by different tracking technologies⁹, such as GPS, LPS and VBS. The recent incorporation of GPS technology in other sports have also led researchers to study their reliability and validity in different settings¹⁰. The results of this studies showed that the reliability these devices is better in high frequencies¹¹ when the distance is linear, but not at maximum speeds¹². Nevertheless, when movement involves high acceleration¹³ and/or change of direction¹⁴ patterns, the accuracy could be compromised. On the other hand, LPS uses infrastructure installed in the same place (usually in indoor) without satellites' connection need. This system has several advantages, e.g., high sampling rates, miniaturization of the devices, more accurately¹⁵. Finally, the VBS monitors the movements of every player and the ball by sampling activity for up to 25 times per second⁷. Although VBS has been used to study the demands of competition in numerous research studies, the reliability and validity of some semi-automatic tracking products has been scarcely and poorly studied¹⁶. Most of deficiencies of these studies are placed in the statistical analyses used to assess accuracy, reliability, and validity of the tracking systems^{17,18}.

Despite the fact that the use of GPS devices is currently allowed in official matches (FIFA, 2015)¹⁹, the most players do not wear it as they feel is uncomfortable and might affect their performance (personal communication from professional players). Consequently, teams mo-

nitor training load and friendly matches using GPS technology, while the activity of official matches is monitored through VBS (usually is a company who offers the service, such as TRACAB[®] or ProZone[®]). Therefore, in order to carry out an adequate management of the workload we must be able to integrate both training and match load. For example, for an adequate use of the acute:chronic load ratio for a longitudinal assessment of workload it is necessary to introduce in the model both training and match loads²⁰, because load management is emerging as one of the main risk factors in no contact injuries¹. This workload should be included in return to play decision-making process²¹ so it is essential to be able to integrate and compare GPS and VBS data.

Increasingly national leagues have agreements with companies that analyze team's match loads (TRACAB[®], OPTA[®], INSTAT[®], ProZone[®]...) and the use of this type of technology will be accessible to all teams belonging to La Liga. Therefore, it becomes relevant to study the relationships between variables registered by different VBS and GPS systems. The interchangeability and comparison between systems would be also applicable in talent identification programs. When a sport club is interested to know the activity of a young athlete in competition (measured with GPS) and compare it with professional player's activity (measured through VBS) interchangeability and comparability plays a key role.

For these reasons systems interchangeability could be a timely solution for fitness coaches. The agreement between semi-automatic VBS and GPS has been examined in different studies²²⁻²⁴. All of them showed that both systems do not adjust well enough and so the data interchangeability has to be done carefully and comparison of the outcomes. Randers *et al.*²⁴ and Buchheit *et al.*²² compared four systems in friendly match and training tasks respectively, showing big differences in some variables such as total distance and distance covered at high speeds. The studies showed that there is less agreement in velocity than in distance, and that these difference tend to increase as the magnitude (distance and time) increases. The advantage of Buchheit *et al.*²² is that they provided calibration equations that can be used to predict the results that could be expected with a given system from the data collected by another system.

Accordingly, the primary aim of this study was to determine the agreement between VBS and GPS quantifying the amount of systematic and random errors between the distances covered by professional soccer players at various speeds and time slots. We hypothesize the correlation between two systems will be adequate so, the second aim of this research was to create an equation that predicts the distances from VBS to GPS data and vice versa.

Material and method

Participants

Twelve professional male soccer players (25.0±4.0 y, 76.9±6.8 Kg, and 184.1±6.4 cm) from La Liga Santander, Spain's top soccer league were monitored during three official matches, placed in the middle of the first round of the championship, during the 2016-17 season. In total, 116 records of 15-minute slots, 52 of 30-minute slots and 15 of 45-minute slots were analysed. The study was conducted in accordance to the Declaration of Helsinki (2008), and the Ethics Committee of the

University of the Basque Country (CEISH) giving institutional approval for the study (CEISH/235).

Variables

Similar to previous works^{25,26}, the variables analyzed were the distances covered by players during official matches at various speed ranges: total distance (TD) and distance covered at less than 7.3 km·h⁻¹ (0to7), between 7.3 to 14.0 km·h⁻¹ (7to14), between 14.0 to 21.0 km·h⁻¹ (14to21), between 21.0 to 24.0 km·h⁻¹ (21to24), and at more than 24.0 km·h⁻¹ (>24).

Both GPS and VBS systems registered the distance in 15-minute time slots (e.g., 0-15', 16-30', 31-45', 46-60', 61-75' and 76-90'). Only periods that the player completed were included in the analysis. The analysis performed in 15-minute, 30-minute and 45-minute time slots at the above-mentioned speeds that are commonly used in football match analysis to assess performance or fatigue²⁷⁻²⁹.

Procedure

The players wore the same device of GPEXE PRO (Exelio, Udine, Italia, GPEXE®) and were also tracked using the TRACAB® system managed by Mediacoach® on each match. Each GPS unit was placed between shoulder blades using a specially designed vest. In accordance with the manufacturer's instructions, GPS devices were activated 15 min prior to the start of the match. At the end of the match, data from GPS was downloaded to a PC and processed using the software provided by GPEXE® (The Power Tracker for GPEXE). The GPS files were manually cut considering the starting point the displacement of the players at the beginning of the match. From this starting point, 15-minute time slots were established. No extra time was included for analysis. In order to assess the reliability of this procedure all GPS data was processed by two independent researchers. A high correlation coefficient (0.94) was found between the two and therefore the data from one of the researchers was included in the study. The VBS data was provided by TRACAB® (managed by Mediacoach®, Mediapro®, España).

Data analysis

To determine the agreement (the amount of systematic and random error) between VBS and GPS, the Bland and Altman method³⁰ was used. Repeatability coefficient (RC), bias or systematic error (SE), lower and upper limits of agreement (LOAs) and upper and lower confidence intervals at 95% for SE and LOAs were calculated. These results were accompanied with Bland-Altman plots. This analysis was performed using the MedCalc® program for Windows version 12.2.1.0 (Medcalc software, Mariakerke, Belgium). To determine whether the systematic error between devices was significant, a paired t-test was performed. In order to check that there was no relationship between the difference between systems (VBS vs GPS) and the magnitude (distance) Bland-Altman plots were checked and a linear regression was also performed³¹. In the regression analysis the difference between systems was defined as the dependent variable and the mean of both systems as the independent variable. The significance level for the t-test and the regression was set *a priori* at $p < 0.05$.

In order to create an equation that would allow for predicting the distance from one system to another, linear regression equations were created. These equations would allow for converting the distance registered from GPS to VBS or vice versa.

$$\text{GPS} = a + b (\text{VBS})$$

$$\text{VBS} = a + b (\text{GPS})$$

The significance level for this regression analysis was set *a priori* at $p < 0.05$. The typical error of the estimate (TEE) or the residual standard error and adjusted R square were also calculated. Paired t-test analyses and all regression analyses were conducted in R (3.3.3 version) using base package and R studio (1.0.136 version).

Results

Descriptive analysis

In the Table 1 it can see the descriptive values, mean and standard deviation (sd) in meters, for each time slot and tracking system (VBS and GPS) considering the different velocity ranges.

Agreement between VBS and GPS

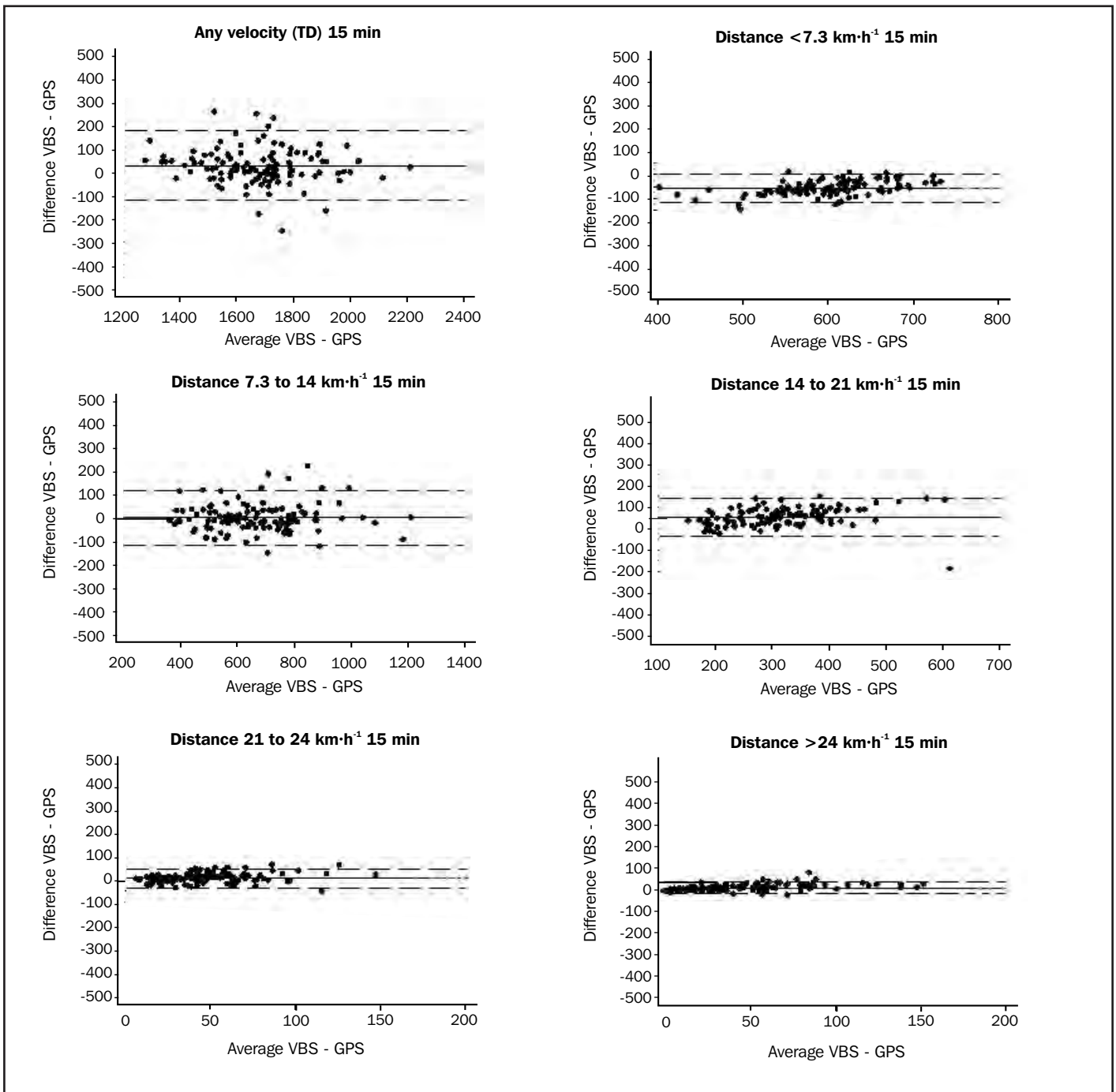
As for the systematic error, Bland-Altman analysis showed that VBS tends to measure systematically more distance than GPS at all speeds (except from 0 to 7.3 km·h⁻¹ where GPS measure more than VBS) in the three time slots analysed in this study (Figures 1, 2 and 3). According to

Table 1. Descriptive values (mean and standard deviation, sd) in meters, for each time slot and tracking system (VBS and GPS) considering the different velocity ranges.

Time Slot	Velocity range	VBS		GPS	
		mean	sd	mean	sd
15 min	TD	1685.4	296.4	1663.4	316.2
	0to7	568.7	70.6	627.5	56.0
	7to14	678.2	170.3	663.1	168.6
	14to21	335.3	97.0	283.3	78.2
	21to24	48.9	30.9	45.6	25.6
	>24	52.6	39.0	38.6	32.0
30 min	TD	3399.2	296.4	3357.2	316.2
	0to7	1130.4	127.5	1250.3	98.2
	7to14	678.2	170.3	663.1	168.6
	14to21	335.3	97.0	283.3	78.2
	21to24	48.9	30.9	45.6	25.6
	>24	52.6	39.0	38.6	32.0
45 min	TD	5106.1	445.0	5079.3	447.9
	0to7	1743.0	172.9	1907.4	150.8
	7to14	678.2	170.3	663.1	168.6
	14to21	335.3	97.0	283.3	78.2
	21to24	48.9	30.9	45.6	25.6
	>24	52.6	39.0	38.6	32.0

VBS is video-based system (TRACAB®) and GPS is global position system (GPEXE®).

Figure 1. Bland-Altman plots VBS vs GPS at 15 minutes time slot.



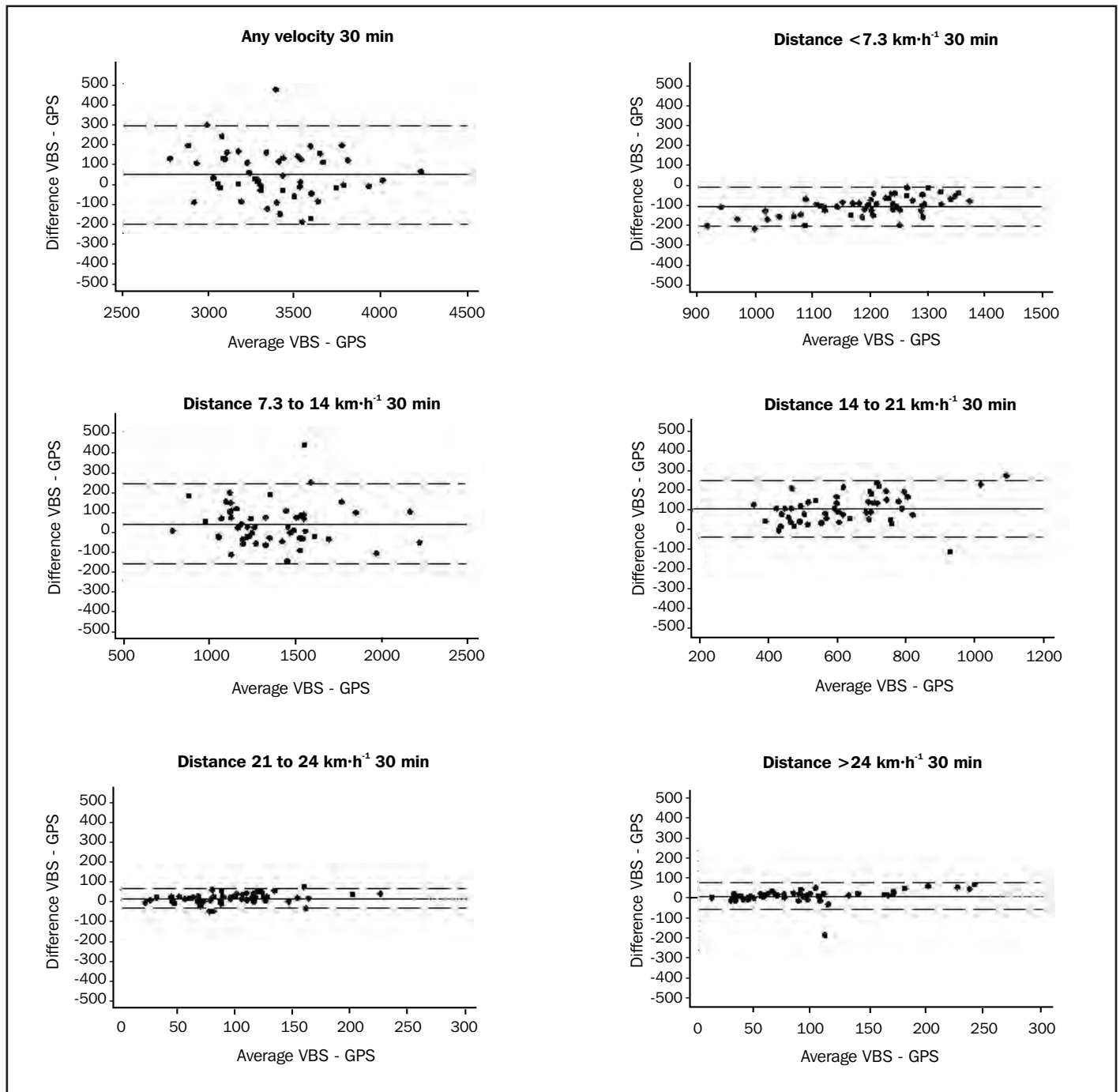
TD: Total distance.

paired t-test, these differences were all significant for the 30 minute time slots and 5 out of 6 15-minute time-slot speeds ($p < 0.05$). In the 45-minute time slot two speeds had a significant systematic error, 0 to $< 7.3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and $14.0\text{-}21.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Table 2).

The random differences between VBS and GPS (Table 2) varied from 148.1 m (TD) to 29.3 m ($> 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) in the 15-minute time slot. In the 30-minute time slot the random error (repeatability coefficient)

varied from 246.4 m (TD) to 48.8 m ($21\text{to}24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). The repeatability coefficient was from 274.8 m (TD) to 55.9 m ($21\text{to}24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) in the 45-minute slot. Regression analyses demonstrated that there was a tendency in the differences between VBS and GPS to increase when the measured magnitude (distance) was bigger. This was more common in the 15-minute slot (4 out of 6 analyses) than in 45-minute slot (2 out of 6 analysis) (Table 2).

Figure 2. Bland-Altman plots VBS vs GPS at 30 minutes time slot.



TD: Total distance.

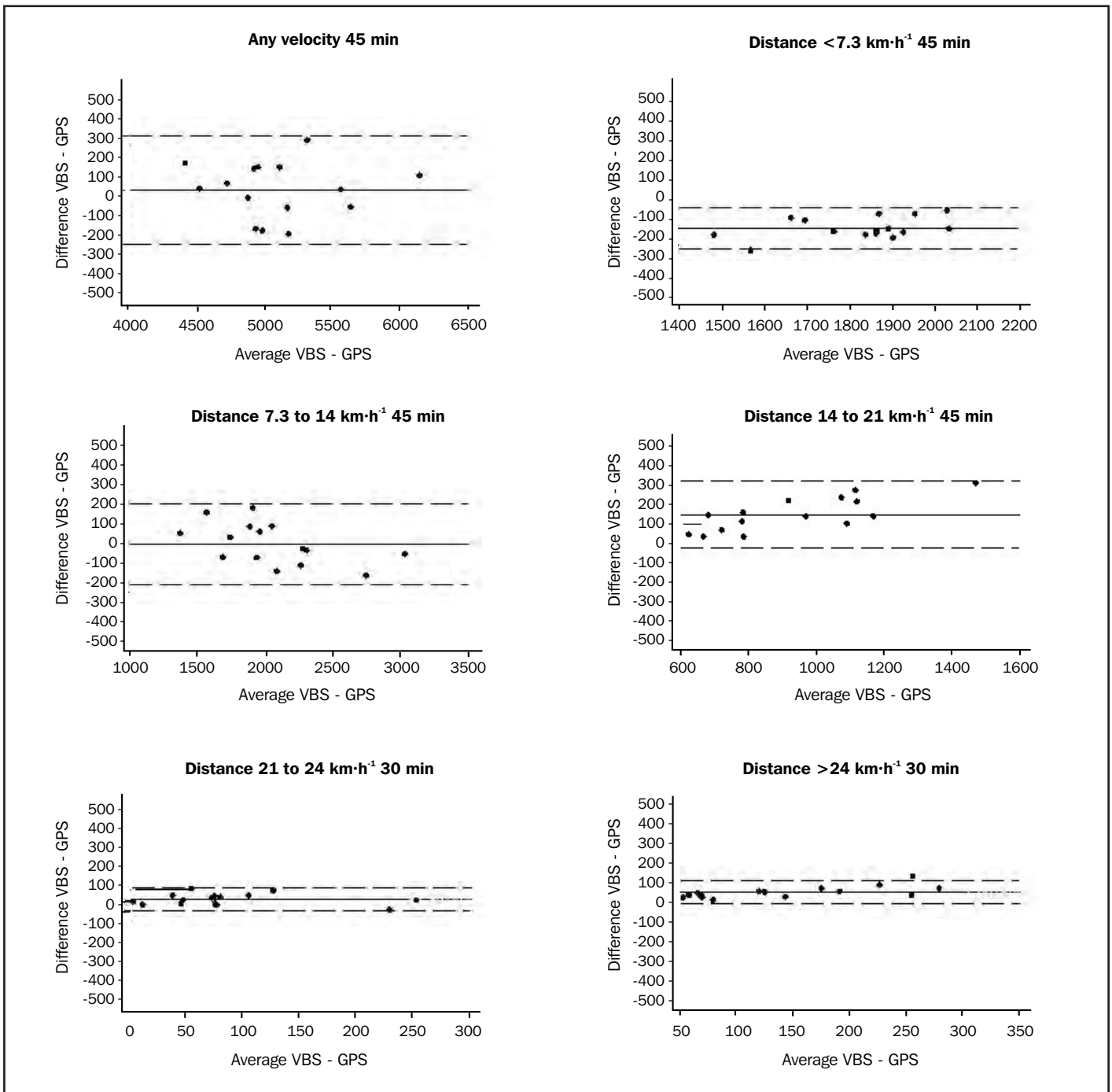
VBS and GPS prediction equations

All the prediction equations calculated in the present study are displayed in Table 3. The prediction equations calculated in this study appeared to be significant (Table 3). The adjusted R^2 was from 88% to 54% in the 15-minute time slot, 88% to 71% in the 30-minute time slot and from 95% to 84% in the 45-minute slot.

Discussion

The main aim of this investigation was to study the agreement between the distances covered at various speeds by professional soccer players in official matches using VBS and GPS, and create equations that predict distances from those obtained by other technologies. The results of the analysis showed that distances recorded by the two sys-

Figure 3. Bland-Altman plots VBS vs GPS at 45 minutes time slot.



TD: Total distance.

tems differed substantially and cannot be used in an interchangeable manner. However, prediction equations created in this study predicted the distance from one system to another.

As for the agreement between the systems, this study found that during official matches, the different metrics collected by the two systems differed substantially. These results are in line with other studies²²⁻²⁴

that also indicated that the GPS measures less than the video-tracking. According to the analysis, the systematic error demonstrated that there is a tendency in VBS to measure more distance in all speeds and time slots than GPS, and these differences appeared to be significant in the majority of cases. It is important to mention that there was an exception to this rule in the 0 to 7 km·h⁻¹ speed. In this case, GPS overestimates

Table 2. Agreement analysis between VSB and GPS.

Time Slot	Velocity range	Systematic error	Systematic error CI 95%	Paired t-test	Repeatability coefficient	LOA lower	LOA lower CI 95%	LOA upper	LOA upper CI 95%	Regression p-value
15 min	TD	22.0	8.1 to 35.9	0.002	148.1	-126.1	-149.9 to -102.3	170.1	146.3 to 193.9	NS
	0to7	-58.8	-64.3 to -53.3	0.000	58.5	-117.3	-126.7 to -107.9	-0.3	-9.7 to 9.1	0.000
	7to14	15.1	4.2 to 26.0	0.007	116.1	-100.9	-119.6 to -82.3	131.2	112.5 to 149.8	NS
	14to21	49.9	41.8 to 58.1	0.000	86.4	-36.4	-50.3 to -22.5	136.3	122.4 to 150.2	0.006
	21to24	3.3	-0.5 to 7.2	NS	41.0	-37.7	-44.3 to -31.1	44.3	37.7 to 50.9	0.004
	>24	14.1	11.3 to 16.8	0.000	29.3	-15.2	-19.9 to -10.5	43.3	38.6 to 48.0	0.000
30 min	TD	42.0	7.0 to 77.0	0.020	246.4	-204.4	-264.6 to -144.2	288.4	228.2 to 348.7	NS
	0to7	-119.9	-133.5 to -106.3	0.000	96.0	-215.9	-239.4 to -192.5	-23.9	-47.3 to -0.4	0.000
	7to14	33.7	5.0 to 62.5	0.022	202.3	-168.6	-218.0 to -119.2	236.0	186.6 to 285.5	NS
	14to21	97.2	77.3 to 117.1	0.000	140.1	-42.9	-77.2 to -8.7	237.3	203.1 to 271.5	0.010
	21to24	8.1	1.2 to 15.0	0.023	48.8	-40.7	-52.6 to -28.8	56.9	44.9 to 68.8	0.020
	>24	22.9	13.4 to 32.5	0.014	67.4	-44.4	-60.9 to -27.9	90.3	73.8 to 106.8	0.011
45 min	TD	26.80	-50.8 to 104.4	NS	274.8	-247.9	-383.7 to -112.2	301.6	165.8 to 437.4	NS
	0to7	-164.38	-194.1 to -134.7	0.000	105.1	-269.4	-321.3 to -217.5	-59.3	-111.2 to -7.4	NS
	7to14	-3.91	-61.9 to 54.1	NS	205.2	-209.1	-310.5 to -107.7	201.3	99.9 to 302.7	0.036
	14to21	144.02	96.8 to 191.2	0.013	167.1	-23.1	-105.7 to 59.5	311.1	228.6 to 393.7	NS
	21to24	6.77	-9.0 to 22.6	NS	55.9	-49.2	-76.8 to -21.5	62.7	35.1 to 90.3	NS
	>24	44.29	27.5 to 61.1	NS	59.4	-15.1	-44.4 to 14.3	103.7	74.3 to 133.0	0.007

CI 95%: confidence interval at 95%, LOA: limit of agreement, NS: Non-significant, TD: Total distance.

Table 3. Equations between the two different technologies (GPS and VBS) during official matches in all velocity ranges.

Time slot	Range of speed (Km·h ⁻¹)	VBS to GPS		GPS to VBS		Adjusted R ²	p-value
		Formula	TEE	Formula	TEE		
15 min	TD	$G = 65.2 + (V \cdot 0.948)$	75.36	$V = 230.6 + (G \cdot 0.875)$	72.38	0.83	0.001
	0to7	$G = 215.0 + (V \cdot 0.725)$	22.78	$V = (-154.7) + (G \cdot 1.153)$	28.72	0.83	0.001
	7to14	$G = 32.6 + (V \cdot 0.930)$	58.24	$V = 49.3 + (G \cdot 0.948)$	58.83	0.88	0.001
	14to21	$G = 19.6 + (V \cdot 0.794)$	39.31	$V = 48.3 + (G \cdot 1.006)$	44.26	0.79	0.001
	21to24	$G = 15.5 + (V \cdot 0.615)$	17.29	$V = 8.2 + (G \cdot 0.892)$	20.82	0.55	0.001
	>24	$G = (-1.6) + (V \cdot 0.763)$	11.79	$V = 8.9 + (G \cdot 1.134)$	14.37	0.86	0.001
30 min	TD	$G = 29.7 + (V \cdot 0.979)$	126.80	$V = 510.7 + (G \cdot 0.860)$	118.90	0.84	0.001
	0to7	$G = 433.0 + (V \cdot 0.723)$	34.31	$V = (-392.0) + (G \cdot 1.218)$	44.52	0.88	0.001
	7to14	$G = 24.5 + (V \cdot 0.958)$	103.50	$V = 139.3 + (G \cdot 0.922)$	101.50	0.88	0.001
	14to21	$G = 49.4 + (V \cdot 0.783)$	61.37	$V = 60.3 + (G \cdot 1.064)$	71.55	0.83	0.001
	21to24	$G = 20.2 + (V \cdot 0.716)$	21.08	$V = 6.5 + (G \cdot 1.017)$	25.12	0.72	0.001
	>24	$G = 9.0 + (V \cdot 0.697)$	28.50	$V = 20.4 + (G \cdot 1.031)$	34.67	0.71	0.001
45 min	TD	$G = 192.6 + (V \cdot 0.957)$	144.10	$V = 309.0 + (G \cdot 0.944)$	143.20	0.90	0.001
	0to7	$G = 457.2 + (V \cdot 0.832)$	46.74	$V = (-344.9) + (G \cdot 1.095)$	53.61	0.90	0.001
	7to14	$G = (-236.2) + (V \cdot 1.117)$	97.13	$V = 288.4 + (G \cdot 0.858)$	85.13	0.96	0.001
	14to21	$G = 117.1 + (V \cdot 0.740)$	49.36	$V = (-96.8) + (G \cdot 1.279)$	64.92	0.94	0.001
	21to24	$G = (-4.2) + (V \cdot 0.981)$	29.58	$V = 24.0 + (G \cdot 0.868)$	27.83	0.84	0.001
	>24	$G = (-2.758) + (V \cdot 0.750)$	20.70	$V = 16.398 + (G \cdot 1.229)$	26.49	0.92	0.001

G: GPS; V: VBS; TEE: typical error estimated; TD: Total distance.

the distance provided by VBS in all time slots. This might be because the VBS speed range player needs to be running at least 1 second or 1 m in this range of speed before it starts measuring, while GPS devices are constantly receiving displacement when players move. It would be highly recommended (but unlikely) that companies who offer services to Clubs unify criteria to ease the researchers and coaches task when quantifying the workload.

As for the random error, the Bland-Altman analysis showed that the error associated with GPS and VBS was elevated. Moreover, this study also found that the differences between systems tend to increase significantly, when the measured magnitude (distance) increases. In other words, the bigger the distance measured, the bigger the differences between the distances recorded by the systems. This agrees with the fact that the repeatability coefficient increases in all speed ranges as the time slot increases.

Therefore, the distance provided by VBS and GPS are substantially different and cannot be compared directly. However, the prediction equation derived from linear regression analysis was significant with an elevated R^2 . In other words, the equation explains well the changes in the dependent variable (one system) from the values in the independent variable (the other system). That means that having data from either GPS or VBS, one could predict the distance that the other system would register with high accuracy.

The use of different tracking systems by professional football clubs justifies the need of being able to exchange the information obtained through VBS and GPS. Converting the information obtained through the VBS into GPS data could be useful in the tracking and management of the workload, and to estimate, for example acute:chronic load. As well to assess if the demands of training tasks replicate the match demands^{32,33}. The inverse conversion could also be interesting to know the time of the return to play of an athlete, or what would be the activity of a young club sportsman (measured through GPS technology) compared to a professional (measured through VBS).

In practice (just considering the variable TD), when staff members want to convert match running distances collected with GPS, e.g. 5,000 m in 45 minutes, to VBS-expected distances these equations can be used: if they had worn one of the GPS units the estimated distance should be 4,977.6 m ($0.957 \times 5,000 \text{ m} + 192.6 \text{ m}$). Considering the same distance covered by the player (5,000 m), if we wanted to convert from VBS to GPS expected distances the equation should be this, $0.944 \times 5000 \text{ m} + 309.0 \text{ m}$ for GPS device, that is, 5,029.0 m.

When comparing the equations proposed per Buchheit *et al.*²² with the ones of the current study, the relation between both tracking systems is similar. Let's consider the same distance covered by one player that was 5,000 m. The following formulas could be used provided by Buchheit *et al.*²², $\text{GPS} = (1.01 \times \text{VBS}) - 70 \text{ m}$ or $\text{VBS} = (0.92 \times \text{GPS}) + 250 \text{ m}$, if VBS was used to register this distance or GPS system, respectively. The GPS-expected distance covered by the player would be 4,980 m (5,029 m in the current study), while the VBS-expected distance ran by the player would be 4,850 m (4,978 m in the current study). In this way, technicians could track the training and match loads considering distances at different speeds. However, other mechanical variables

(e.g., acceleration, inertial movements) like level 2 and 3 proposed by Buchheit and Simpson²⁰ are still without possibilities of transformation due to videotracking systems do not provide information of this type of variables (e.g., inertial movement analysis).

The main limitation of this study is that only two systems were studied (VBS vs. GPS) among the vast amount of VBS and GPS systems that the market offers nowadays. However, the two systems studied are two of the most used tracking systems. On the other hand, VBS has established that player needs to be running at least 1 second or 1 m before it starts measuring (this is a rule that the company uses) and GPS devices are constantly receiving displacement at any movement. Furthermore, frequency is not the same for both systems. These facts might have affected the agreement between systems. Unfortunately, little can be done to correct this since companies make their decisions based on the market and not on the needs of researchers.

It would be interesting for further research to compare different VBS and GPS systems to help coaches, technical staff and researchers to understand the workload of players measured by different technologies. In the same line, studies in other sports and settings would also be interesting to seize workloads and demands of different sports to adjust properly the workloads and improve physical performance.

Conclusion

The main conclusions of the study are:

- VBS and GPS do not register the same amount of distance in any of the speeds or time slots studied (there was an elevated systematic and random error). Systematically, in most of the speed ranges, VBS register most distance than GPS system. This differences increases when the measured distance is bigger at any speed. The results from VBS and GPS cannot be used interchangeably.
- Prediction equations predict the distance from VBS to GPS and vice versa very well.

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the support of a Spanish government subproject *Mixed method approach on performance analysis (in training and competition) in elite and academy sport* [PGC2018-098742-B-C33] (Ministerio de Economía y Competitividad, Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i), that is part of the coordinated project *New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective* (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0].

Funding Information

Grant number PGC2018-098742-B-C33, MINECO/FEDER, UE.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

1. Soligard, T, Schwelnlun, M, Alonso, J-M, Bahr, R, Clarsen, B, Dijkstra, P, et al. How much is too much? (Part 1). International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med*. 2016;50:1030-41.
2. Akenhead R, Harley J, Tweddle S. Examining the external training load of an English Premier League football team with special reference to acceleration. *J Strength Cond Res*. 2016;30(9):2424-32.
3. Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med*. 2016;1-9.
4. Barris S, Button C. A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Med*. 2008;38(12):1025-43.
5. Reilly T, Thomas V. A motion analysis of work rate in different positional roles in professional football match play. *J Hum Mov Stud*. 1976;2(2):87-97.
6. Dobson B, Keogh J. Methodological issues for the application of time-motion analysis research. *Strength Cond Res*. 2007;29(2):48-55.
7. Carling C, Bloomfield J, Nelsen L, Reilly T. The Role of Motion Analysis in Elite Soccer: Contemporary Performance Measurement Techniques and Work Rate Data. *Sports Med*. 2008;38(10):839-62.
8. Castellano J, Casamichana D. Deporte con dispositivos de posicionamiento global (GPS): Aplicaciones y limitaciones. *R Psic Dep*. 2014b;23(2):355-64.
9. Sweeting AJ, Cormack SJ, Morgan S, Aughey, RJ. When Is a Sprint a Sprint? A Review of the Analysis of Team-Sport Athlete Activity Profile. *Front. Physiol*. 2017;8:432.
10. Scott MT, Scott TJ, Kelly VG. The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport: A Brief Review. *J Strength Cond Res*. 2016;30(5):1470-90.
11. Vickery WM, Dascombe BJ, Baker JD, Higham DG, Spratford WA, Duffield R. Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of sports-specific movement patterns related to cricket, tennis, and field-based team sports. *J Strength Cond Res*. 2014;28(6):1697-705.
12. Gray AJ, Jenkins D, Andrews MH, Taaffe DR, Glover ML. Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. *J Sport Sci*. 2010;28(12):1319-25.
13. Akenhead R, French D, Thompson KG, Hayes PR. The acceleration dependent validity and reliability of 10 Hz GPS. *J Sci Med Sport*. 2014;17(5):562-6.
14. Meylan C, Trewin J, McKean K. Quantifying Explosive Actions in International Women's Soccer. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(3):310-5.
15. Hoppe MW, Baumgart C, Polglaze T, Freiwald J. Validity and reliability of GPS and LPS for measuring distances covered and sprint mechanical properties in team sports. *PLoS ONE*. 2018;13(2): e0192708.
16. Castellano J, Álvarez-Pastor D, Bradley PS. Evaluation of research using computerised tracking systems (Amisco® and Prozone®) to analyse physical performance in elite soccer: a systematic review. *Sport med*. 2014;44(5):701-12.
17. Aughey RJ. Applications of GPS technologies to field sports. *I J Sports Phys Perform*. 2011;6(3):295-310.
18. Nikolaidis PT, Clemente FM, van der Linden CMI, Rosemann T, Knechtle B. Validity and Reliability of 10-Hz Global Positioning System to Assess In-line Movement and Change of Direction. *Front Physiol*. 2018;9:228.
19. FIFA. Approval of Electronic Performance and Tracking System (EPTS) devices. Circular No. 1494. Zurich: FIFA; 2015. ([https://resources.fifa.com/mm/document/affederation/administration/02/66/27/59/circularno.1494-approvalofelectronicperformanceand-trackingssystem\(epts\)devices_neutral.pdf](https://resources.fifa.com/mm/document/affederation/administration/02/66/27/59/circularno.1494-approvalofelectronicperformanceand-trackingssystem(epts)devices_neutral.pdf)).
20. Buchheit M, Simpson BM. Player Tracking Technology: Half-Full or Half-Empty Glass? *I J Sports Phys Perform*. 2016;12(Suppl 2):235-41.
21. Blanch, P, Gabbett, TJ. Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute: chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med*. 2016;50:471-5.
22. Buchheit M, Allen A, Poon TK, Modonutti M, Gregson W, Di Salvo W. Integrating different tracking systems in football: multiple camera semi-automatic system local position measurement and GPS technologies. *J Sport Sci*. 2014;32(20):1844-57.
23. Harley JA, Lovell RJ, Barnes CA, Portas MD, Weston M. The interchangeability of global position- ing system and semiautomated video-based performance data during elite soccer match play. *J Strength Cond Res*. 2011;25:2334-6.
24. Randers M, Mujika I, Hewitt A, Santisteban J, Bischoff R, Solano R et al. Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *J Sport Sci*. 2010;28:171-82.
25. Castellano J, Blanco-Villaseñor A. Análisis de la variabilidad de desplazamiento de futbolistas de élite durante una temporada competitiva a partir de un modelo mixto multivariable. *Cuadernos Psi Dep*. 2015;15(1):161-8.
26. Castellano J, Blanco-Villaseñor A, Álvarez-Pastor, D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *I J Sports Med*. 2011;32:415-21.
27. Carling C, Dupont G. Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play. *J Sport Sci*. 2011;29(1):63-71.
28. Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon FJ, Bachl N, Pigozzi F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *I J Sports Med*. 2007;28(3):222-7.
29. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*. 2003;21(7):519-28.
30. Bland J, Altman D. Statistical-methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;8:307-10.
31. Bland J, Altman D. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Meth Med Res*. 1999;8(2):135-60.
32. Casamichana D, Castellano J, Castagna C. Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2012;26(3):837-43.
33. Sangnier S, Cotte T, Brachet O, Coquart J, Tourny C. Planning Training Workload in Football Using Small-Sided Games' Density. *J Strength Cond Res*. 2018 [Epub ahead of print].

Efectos de un programa de ejercicio físico propioceptivo sobre el equilibrio en jóvenes patinadores entre los 11 y 15 años

Sandra Pinzón-Romero^{1,2}, José A. Vidarte-Claros¹, Juan C. Sánchez-Delgado^{3,4}

¹Universidad Autónoma de Manizales (UAM). Manizales. Colombia. ²Universidad de Santander (UDES). Bucaramanga. Colombia. ³Universidad de Santander. Facultad de Ciencias de la Salud. Grupo de Investigación Fisioterapia Integral. Bucaramanga. Colombia. ⁴Universidad Santo Tomás. Bucaramanga. Colombia.

Recibido: 19.02.2018
Aceptado: 05.09.2018

Resumen

Introducción: Un estado de equilibrio corporal apropiado permite al patinador mantener el control y la técnica adecuada en la ejecución de cada gesto deportivo. Así, un buen estado reduce movimientos accesorios que llevan al deportista a un incremento del estrés articular, que finalmente puede repercutir en el estado de salud y el rendimiento de estos atletas.

Objetivo: Determinar el efecto de un programa de ejercicio físico propioceptivo sobre el equilibrio de patinadores en edades comprendidas entre los 11 a 15 años.

Material y método: Estudio experimental con dos grupos de intervención en paralelo, realizado en 58 deportistas pertenecientes a la Liga Santandereana de Patinaje de la ciudad de Bucaramanga, quienes fueron aleatorizados en dos grupos: Grupo Experimental (GE) (n=29) que recibió entrenamiento propioceptivo y Grupo Control (GC) (n=29) que recibió entrenamiento convencional. Ambos protocolos fueron desarrollados durante doce (12) semanas, con una frecuencia de tres veces por semana y una duración de treinta minutos en cada sesión. El equilibrio dinámico y estático fue evaluado antes y después de cada intervención mediante *Star Excursion Balance Test* (SEBT) y *Balance Error Scoring System* (BESS).

Resultados: Después de la intervención, ambos grupos mostraron cambios positivos en cuanto al equilibrio dinámico; éstos fueron superiores en el GE ($p<0.05$). En cuanto al equilibrio estático, los cambios fueron positivos y significativos en el grupo que recibió ejercicio propioceptivo ($p<0.05$). En contraste, el grupo que recibió tratamiento convencional no mostró cambios en esta variable.

Conclusión: El entrenamiento propioceptivo produce resultados superiores en el equilibrio estático y dinámico de los patinadores evaluados, en comparación con los resultados generados por el entrenamiento convencional.

Palabras clave:

Equilibrio postural. Patinaje. Propiocepción.

Effects of a proprioceptive physical exercise program on balance in young skaters between 11 to 15 years

Summary

Introduction: Having an adequate state of body balance allows the skater to maintain an adequate technique and control in the execution of each sporting gesture, this may limit accessory movements that lead to an inadequate increase in joint stress, which can ultimately impact on the health status and performance of these athletes.

Aim: To determine the effects of a proprioceptive physical exercise program on balance in skaters between the ages of 11 and 15 years.

Methodology: A experimental study conducted in 58 skaters belonging to the Santander Skating League of Bucaramanga, who were randomized into two groups, one received proprioceptive training (n = 29) and the other group performed a conventional training (n = 29), both were developed for 12 weeks with a frequency of 3 times a week and a duration per session of 30 minutes.

Results: The dynamic balance assessed with the Star Excursion Balance Test (SEBT), showed changes in all directions after the intervention of both groups. In relation to the static balance determined with the Balance Error Scoring System (BESS) showed positive changes in the experimental group.

Conclusions: The proprioceptive training program produces results superior to the conventional one, in terms of the static and dynamic balance of the skaters evaluated.

Key words:

Postural balance. Skating. Proprioception.

Correspondencia: Juan Carlos Sánchez Delgado
E-mail: ju.sanchez@mail.udes.edu.co

Introducción

El patinaje exige al deportista adaptar su cuerpo a un movimiento particular y antinatural, en el cual el punto de apoyo es reducido. Por consiguiente, su sustentación se basa en cuatro ruedas fijas en línea que se deslizan sobre una superficie y dibujan una línea recta en sentido oblicuo al avance; esta condición produce modificaciones continuas del equilibrio y, por tanto, provoca un mayor grado de inestabilidad en comparación con otros deportes¹.

Precisamente, el equilibrio es el componente fundamental en el patinaje porque permite mantener una adecuada técnica y control en la ejecución de cada gesto deportivo y, además, limita los movimientos accesorios que incrementan el estrés articular¹⁻⁴. La técnica adecuada del patinaje de carreras sobre ruedas se fundamenta en lograr la máxima eficacia y eficiencia de las fuerzas aplicadas al patín durante las fases de empuje, deslizamiento y recuperación^{5,6}. En efecto, la falta de un buen equilibrio postural puede generar el desperdicio de estas fuerzas, debido a movimientos ineficientes que finalmente, afectan el desempeño deportivo^{2,7-14}.

En la actualidad, el trabajo propioceptivo no siempre se tiene en cuenta en los procesos de entrenamiento deportivo, en especial en el patinaje de carreras; en la mayoría de los casos, se resalta su importancia como herramienta de rehabilitación. Los estudios señalan que este tipo de trabajo permite un movimiento más efectivo y proporciona al deportista una mejor capacidad de reacción frente a las demandas de la competencia. Este hecho puede sugerir que la intervención propioceptiva es un elemento importante dentro de la planificación y procesos metodológicos del entrenamiento deportivo¹⁵⁻¹⁷.

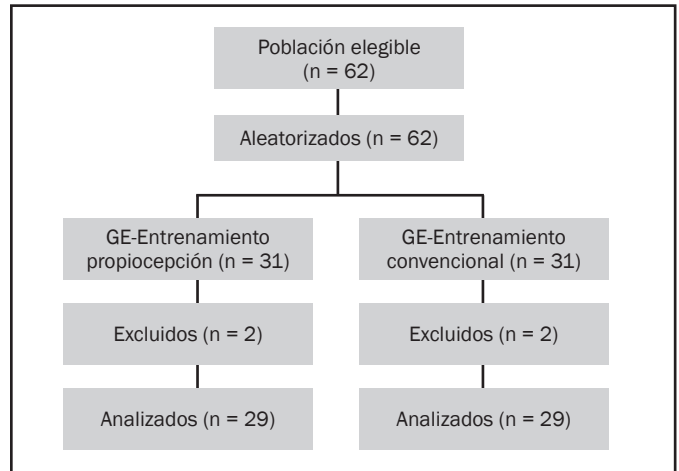
Sumado a lo anterior, la escasa evidencia científica relacionada con los efectos del trabajo propioceptivo en el equilibrio de los patinadores, justifica la realización del presente estudio.

Material y método

Este estudio experimental fue realizado con dos grupos de intervención en paralelo, conformados por 58 patinadores pertenecientes a la Liga Santandereana de Patinaje de la ciudad de Bucaramanga, en edades entre los 11 a 15 años. Los deportistas fueron aleatorizados en dos grupos: el primero de ellos, Grupo Experimental (GE) recibió un programa de ejercicio físico propioceptivo; y el segundo, Grupo Control (GC), recibió entrenamiento convencional. Los protocolos de los dos grupos fueron desarrollados durante 12 semanas con una frecuencia de 3 veces por semana y una duración de 30 minutos por sesión. De otra parte, las evaluaciones de la estabilidad dinámica y estática fueron realizadas antes y después del plan de intervención. Al mismo tiempo, se debe señalar que cuatro sujetos fueron excluidos del estudio por presentar lesiones musculoesqueléticas (Figura 1).

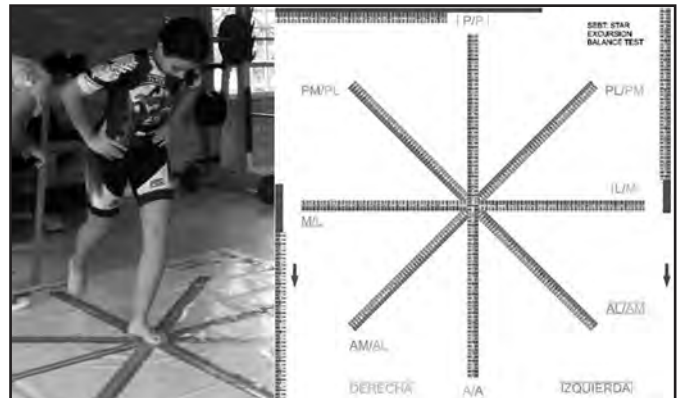
Con relación a la evaluación del equilibrio dinámico, ésta fue realizada con la ayuda del *Star Excursión Balance Test* (SEBT) o prueba funcional de equilibrio de excursión en estrella, el cual ha mostrado una fiabilidad entre 0,85 y 0,96¹⁸. Para esta prueba, el sujeto es ubicado de pie en medio de una cuadrícula dibujada con cinta en el suelo 1.83-m x 1.83-m y compuesta por 8 líneas en forma de asterisco, con

Figura 1. Diagrama de flujo, recolección de datos.



Fuente: los autores.

Figura 2. Star Excursión Balance Test.



una angulación de 45° de intersección entre ellas desde el centro de la cuadrícula¹⁹. Estas líneas se nombran de acuerdo a la dirección y el sentido con respecto a la pierna apoyada: anterolateral (AL), anterior (A), anteromedial (AM), medial (M), posteromedial (PM), posterior (P), posterolateral (PL), y lateral (L)²⁰ (Figura 2).

En esta prueba, se ubicó al participante en el centro del asterisco con apoyo unipodal; enseguida, el pie que se encontraba sin apoyo debía realizar un toque suave de 1 segundo lo más lejos posible en cada una de las líneas demarcadas, siguiendo la dirección de las manecillas del reloj cuando el pie sin apoyo era el derecho; y en contra de las manecillas del reloj cuando era el pie izquierdo. Se permitieron tres intentos completos con un intervalo de 3 minutos entre cada uno. La distancia alcanzada en cada dirección fue el promedio de los 3 intentos²⁰.

De otra parte, la valoración del equilibrio corporal estático fue realizado con el *Balance Error Scoring System* (BESS), el cual ha mostrado buena confiabilidad en población pediátrica y adolescente²¹. Éste consta de tres posturas sobre dos superficies diferentes: una firme y otra en espuma. El participante debía ubicar las manos sobre las crestas ilíacas, descalzos, y ubicarse en tres diferentes posturas como lo son parado en dos piernas, parado en una pierna y tándem o posición de paso²².

En la primera postura, los pies deben estar apoyados y separados aproximadamente a la anchura de la pelvis, la posición de una pierna se debe realizar con el lado no dominante con 20 grados de flexión de cadera y 45 grados de flexión de rodilla. Finalmente, en la postura de tándem el participante debía ubicar el pie no dominante en la posición posterior. Cada postura se realizaba por 20 segundos y con ojos cerrados; el evaluador debía contar los errores o desviaciones de la postura correcta que presentaba el deportista de la siguiente manera: 1) Manos separadas de la cresta ilíaca. 2) Ojos abiertos. 3) Da un paso, tambalea o se cae. 4) Mueve la cadera más de 30 grados de abducción. 5) Levanta la parte anterior del pie o talón. 6) Permanece fuera de la posición de prueba más de 5 segundos. Para registrar el resultado se suma la cantidad de errores cometidos en cada una de las tres posturas. El máximo de errores totales es de 10. Cuanto mayor es el número de errores peor será el equilibrio²³.

Intervenciones

Grupo experimental

Para la aplicación de ejercicio propioceptivo se tomó como base el programa propuesto por Avalos, Mancera y Adalid²⁴⁻²⁶, al cual se le realizaron algunas modificaciones para orientarlo según las exigencias del patinaje de carreras. El programa fue diseñado para ser aplicado en periodo precompetitivo y estuvo conformado por ejercicios bipodales y unipodales en superficies estables e inestables con ojos abiertos y cerrados. Con una duración de 12 semanas, estuvo conformado por un mesociclo general de 5 semanas y uno específico de 7 semanas, para ser realizados tres veces por semana con una duración de 30 minutos para cada sesión.

En cada sesión se realizó un calentamiento durante 10', seguido de cinco ejercicios de propiocepción desarrollados en 8 niveles: en el primero, el sujeto mantenía los ojos abiertos sobre una superficie estable firme, con una base de sustentación amplia y apoyo bipodal. En el segundo nivel, los ojos debían permanecer cerrados, el deportista continuaba en apoyo bipodal en una superficie firme y con una base de sustentación reducida. En el tercer nivel los ejercicios se realizaron con ojos abiertos, apoyo unipodal, sobre una tabla de inestabilidad ubicada de forma horizontal. En el cuarto nivel, el apoyo es unipodal con los ojos abiertos sobre una tabla de inestabilidad ubicada de forma vertical. En el quinto nivel continúa el apoyo unipodal, con ojos cerrados y sobre una tabla de inestabilidad ubicada horizontalmente. En el sexto nivel el apoyo es unipodal con ojos cerrados y sobre una tabla de inestabilidad vertical. Y por último el séptimo y octavo nivel se realizaron sobre los patines con los ojos abiertos y cerrados respectivamente.

Desde el nivel tres hasta el octavo, se realizaban perturbaciones externas entre ellas el movimiento de brazos simulando el gesto de patinar, movimiento con el compañero y la utilización de un globo de aire. El ejercicio de estabilidad dinámica fue realizado con saltos a una altura progresiva de 5 centímetros; luego de 10 centímetros y después de 15 centímetros. Finalmente se realizó una rutina de estiramiento dinámico.

Grupo control

Realizó calentamiento tradicional impuesto por el entrenador de patinaje al iniciar la jornada de entrenamiento, el cual consistía en realizar

un trote continuo, saltos a diferentes alturas y direcciones, además de estiramientos musculares.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó en el programa estadístico SPSS, versión 20.0, licenciado por la Universidad Autónoma de Manizales. La distribución de normalidad se determinó mediante la prueba de Kolmogorov – Smirnov; a partir de estas se calcularon las medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas, así como frecuencias absolutas y relativas para las variables cualitativas. Mediante la prueba *t* de Student para datos independientes, se comparó la diferencia entre las mediciones de los dos grupos; mientras que la comparación del cambio de estabilidad dinámica y estática, antes y después de la intervención, se realizó según la distribución de las variables, mediante una prueba *t* de Student o rangos de Wilcoxon. En general, se consideró un nivel alpha del 5% para todo el análisis.

Consideraciones éticas

El trabajo fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Manizales. Se contó con la aceptación voluntaria y firma del consentimiento y asentimiento informado de los participantes. Asimismo, el estudio fue clasificado de riesgo mínimo según la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, además de que en él se respetaron los principios éticos de investigación en seres humanos.

Resultados

En la Tabla 1, se evidencia que la media de edad fue de 12,93±1,4 años y 13,21±1,3 en los grupos Experimental y Control respectivamente. En cuanto al Índice de Masa Corporal (IMC) fue de 18,25 kg/m² ± 2,1 kg/m², en el GE, y de 19,75 ± 4,0 kg/m² en el GC. El 69% de la población evaluada correspondió al sexo femenino y el 67% eran fondistas.

En la Tabla 2, se evidencia una mejoría del equilibrio dinámico en todas las direcciones para los dos grupos (*p*<0,05). Las mayores diferencias se presentaron en las direcciones posterior izquierda (12,51 cm), derecha (11,79 cm) y posterior medial izquierda (11,93 cm) del GE.

Después de la intervención en el GE, se observó una mejoría en las medias del equilibrio estático en superficie firme e inestable (Tabla 3). Por su parte, el GC mostró cambios en ambas superficies; sin embargo, los resultados no son estadísticamente significativos.

Discusión

Los resultados del presente estudio sugieren que el entrenamiento propioceptivo, realizado en patinadores juveniles, genera resultados de equilibrio estático y dinámico superiores en comparación con los resultados del entrenamiento convencional. Este tipo de efectos positivos generados por el entrenamiento propioceptivo, han sido sustentados principalmente en otros deportes como el fútbol, basquetbol y balón mano³.

Tabla 1. Características sociodemográficas de los participantes en el estudio.

Variables		Grupo experimental (n=29)		Grupo control (n=29)	
Edad		12,93 ± 1,4		13,21 ± 1,3	
Talla (cm)		155,6 ± 10,38		158,3 ± 8,73	
Peso (kg)		44,96 ± 7,4		48,27 ± 8,0	
IMC (kg/m ²)		18,25 ± 2,1		19,75 ± 4,0	
		Grupo experimental (n=29)		Grupo control (n=29)	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Sexo	Hombre	12	41,4 %	6	20,7 %
	Mujer	17	58,6 %	23	79,3 %
Modalidad deportiva	Velocidad	9	31 %	10	34,5 %
	Fondo	20	69 %	19	65,5 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Equilibrio dinámico inicial y final en el grupo experimental y control.

Dirección	Lateralidad	Grupo	TEST SEBT				Dif.	p
			Inicial		Final			
			Media	DS	Media	DS		
Ant	Derecha	Experimental	69,45 cm	6,74	75,00 cm	6,87	5,55	0,000*
		Control	68,83 cm	6,43	74,28 cm	5,73	5,45	0,000*
	Izquierda	Experimental	70,45 cm	7,24	76,07 cm	6,011	5,62	0,000*
		Control	69,59 cm	7,12	74,76 cm	6,71	5,17	0,000*
Ant-lat	Derecha	Experimental	72,17 cm	6,61	78,69 cm	6,69	6,52	0,000*
		Control	71,90 cm	7,78	77,21 cm	6,68	5,31	0,000*
	Izquierda	Experimental	73,24 cm	8,42	79,31 cm	6,13	6,07	0,000*
		Control	73,48 cm	6,73	77,59 cm	7,36	4,11	0,000*
Lat	Derecha	Experimental	72,90 cm	8,80	81,62 cm	7,59	8,72	0,000*
		Control	73,00 cm	7,18	79,66 cm	7,75	6,66	0,000*
	Izquierda	Experimental	74,38 cm	9,91	80,97 cm	7,34	6,59	0,000*
		Control	74,10 cm	7,82	79,69 cm	8,18	5,59	0,000*
Post-lat	Derecha	Experimental	73,48 cm	10,43	83,17 cm	8,64	9,69	0,000*
		Control	74,21 cm	7,97	81,66 cm	7,91	7,45	0,000*
	Izquierda	Experimental	73,76 cm	12,06	83,28 cm	7,79	9,52	0,000*
		Control	74,69 cm	9,27	82,28 cm	8,13	7,59	0,000*
Post	Derecha	Experimental	70,83 cm	12,40	82,62 cm	9,64	11,79	0,000*
		Control	74,00 cm	10,20	83,03 cm	8,52	9,03	0,000*
	Izquierda	Experimental	70,83 cm	12,97	83,34 cm	10,38	12,51	0,000*
		Control	73,76 cm	9,23	82,83 cm	8,13	9,07	0,000*
Post-med	Derecha	Experimental	66,62 cm	12,19	76,34 cm	10,26	9,72	0,000*
		Control	68,28 cm	8,78	74,21 cm	7,87	5,93	0,000*
	Izquierda	Experimental	66,14 cm	13,70	78,07 cm	9,43	11,93	0,000*
		Control	68,45 cm	9,37	74,31 cm	8,58	5,86	0,000*
Med	Derecha	Experimental	60,45 cm	12,74	67,45 cm	10,44	7,00	0,000*
		Control	61,76 cm	8,58	67,00 cm	7,48	5,24	0,000*
	Izquierda	Experimental	59,59 cm	12,34	69,14 cm	9,47	9,55	0,000*
		Control	60,72 cm	9,45	65,90 cm	7,87	5,18	0,000*
Ant-med	Derecha	Experimental	65,52 cm	7,98	70,79 cm	5,72	5,27	0,000*
		Control	65,62 cm	6,50	69,72 cm	5,87	4,10	0,001*
	Izquierda	Experimental	66,55 cm	9,716	71,55 cm	5,18	5,00	0,001*
		Control	65,41 cm	6,31	69,72 cm	5,99	4,31	0,002*

Fuente: Elaboración propia (*p: <0,05)

Tabla 3. Equilibrio estático inicial y final en el grupo experimental y control.

Variable	Grupo	TEST BESS				Dif.	p
		Inicial		Final			
		Media	DS	Media	DS		
BESS firme	Experimental	8,03 puntos	5,68	5,21 puntos	4,32	2,82	0,015*
	Control	6,14 puntos	4,31	5,24 puntos	4,65	0,9	0,455
BESS espuma	Experimental	14,69 puntos	4,84	11,97 puntos	5,14	2,72	0,040*
	Control	12,00 puntos	5,06	10,17 puntos	5,85	1,73	0,253

Fuente: Elaboración propia (*p: <0,05)

Cabe señalar que las investigaciones realizadas en el campo del patinaje sobre ruedas son escasas; las existentes, se centran en describir características antropométricas y en el análisis cinemático de los ciclos de empuje en patinadores juveniles²⁷⁻³¹. De otra parte, aparecen estudios que han sido desarrollados en patinaje artístico o de velocidad sobre hielo, los cuales también tienen por objetivo evidenciar el efecto del entrenamiento propioceptivo sobre el control postural, además del rendimiento físico y la estabilidad del tobillo^{9,26,32-36}.

El interés por analizar la influencia del entrenamiento de equilibrio en patinadores juveniles, se basa en el hecho de que a estas edades las habilidades de propiocepción (sentido de posición) y de praxis (sentido espacial) son inmaduras. Esta característica hace que estos deportistas sean más vulnerables a las caídas y lesiones, principalmente a nivel del tobillo, donde la resistencia de los ligamentos se encuentra, fisiológicamente, reducida en esta etapa de la vida^{37,38}.

Brachman *et al.* consideran controversiales algunos resultados de los estudios que muestran la influencia del entrenamiento propioceptivo sobre el rendimiento físico, el control postural y la prevención de lesiones. Sin embargo, Akahame *et al.* demuestran que el entrenamiento realizado en bases inestables e incluso sobre los mismos patines, tal como se hizo en nuestro estudio, mejora el control postural y la fuerza en miembros inferiores. De este modo, dichos efectos podrían reducir el riesgo de lesión y aumentar la competitividad del deportista².

El trabajo de Brachman *et al.* así como el de Heitkamp *et al.* y Hryso-mallis, concluyen que la relación entre el nivel de balance del atleta, el número de lesiones y los resultados deportivos, no ha suficientemente entendida. Esto obedece a que los resultados de los estudios discrepan entre sí y no existe un cuerpo de estudio amplio en torno al tema. A pesar de lo anterior, los investigadores sugieren que el entrenamiento propioceptivo puede llegar a mejorar la competitividad y reducir el riesgo de lesión cuando se orienta de manera adecuada; incluso, cuando se combina con el entrenamiento de fuerza puede llegar a aumentar su efectividad^{2,3,14,34}.

En su revisión, Brachman *et al.* concluyeron que el efecto positivo del entrenamiento propioceptivo en atletas de diferentes modalidades, con edades entre los 7 y 30 años, fue más efectivo cuando los protocolos de ejercicio tenían una duración entre 8 y 12 semanas, con una frecuencia de dos sesiones por semana y un tiempo de 45 minutos por sesión; esta rutina es semejante a la utilizada en nuestra investigación. Por otra parte, la mayoría de artículos analizados por Brachman *et al.* utilizaron

el SEBT y el BESS para evaluar balance, al igual que en nuestro estudio. Estas pruebas son consideradas versátiles y con adecuadas propiedades psicométricas en población infantil y juvenil¹⁸⁻²¹.

Es necesario resaltar que los resultados mostrados por Brachman *et al.* no incluyen ningún artículo que analice a patinadores de carreras; sólo incluyeron el estudio de Saunders *et al.* en el cual analizaron el efecto del entrenamiento propioceptivo en atletas juveniles de patinaje artístico; sin embargo, éste no mostró cambios significativos después de una intervención de tres sesiones por semana durante seis semanas. Esta última característica puede ser una razón por la cual el protocolo de ejercicio utilizado no evidenció mejoría en el balance corporal²⁶. La anterior afirmación puede tener base en los resultados evidenciados por Winter *et al.*, quienes encontraron que un entrenamiento de cinco sesiones durante doce semanas, y no durante seis, genera cambios en el balance del patinador de velocidad. No obstante, Kovac *et al.* refieren que un entrenamiento de cuatro semanas, con tres sesiones de ejercicio propioceptivo puede mejorar el control postural en patinadores artísticos juveniles³⁵⁻³⁶.

Por lo anterior, es importante pensar en lo complejo que resulta establecer un modelo de entrenamiento apropiado para cada disciplina y modalidad deportiva, incluidas sus características y demandas. Además, existen otros factores que pueden afectar los resultados obtenidos después del entrenamiento planificado. Uno de ellos, es el nivel de balance que posee el patinador antes de empezar el entrenamiento y que no fue medido en todos los estudios³⁸.

Conclusión

Este es el primer trabajo experimental realizado en patinadores de carrera sobre ruedas; aquí se evidencia que el entrenamiento propioceptivo realizado tres veces por semana, con una duración de 30' por sesión, durante doce semanas, mejora el equilibrio dinámico y estático en estos deportistas. Lo anterior, sugiere la inclusión de este tipo de ejercicios como elemento importante en la planificación y metodología del entrenamiento en patinadores sobre ruedas. Por otra parte, es relevante señalar que este entrenamiento debe ser diferenciado y ajustado a partir de la modalidad deportiva, tal como se hizo en el presente estudio. Finalmente, se sugiere que estudios futuros analicen el efecto de esta rutina de entrenamiento sobre el rendimiento físico y el riesgo de lesiones en sujetos pertenecientes a las diferentes categorías y modalidades del patinaje sobre ruedas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al grupo de entrenadores y deportistas de los clubes Hormigueros, Hyper Speed, Elite, Pro Skate, Halcones, Corre patín; al presidente de la Liga Santandereana de Patinaje de Carreras y a los colegas de la Universidad de Santander (Colombia).

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- Uriarte C. Las alteraciones posturales producidas por el gesto deportivo del patín Carrera. Mar del Plata: Universidad de Fasta. [Internet]. 2014 [consultado 12 may 2014]. Disponible en: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/657>.
- Akahane K, Kimura T, Cheng GA, Jujiwara T, Yamamoto I, Hachimori A. Relationship between balance performance and leg muscle strength in elite and non-elite junior speed skaters. *J Phys Ther Sci*. 2006;18(2):149-54.
- Brachman A, Kamieniarz A, Michalska J, Pawlowski M, Slomka KJ, Juras G. Balance training programs in athletes—a systematic review. *J Hum Kinet*. 2017;58(1):45-64.
- Sherker S, Cassell E. In-line Skating Injury: A Review of the Literature. Melbourne: Monash University Accident Research Centre; 1998 March. Report No. 133. Disponible en: <https://www.monash.edu/muarc/our-publications/muarc133>.
- Lugea C. Algunas consideraciones sobre biomecánica, técnica y el modelo técnico en el patinaje de velocidad. [Internet]. [Consultado 14 oct 2014]. Disponible en: <http://www.exostenerife.com/speedsk8/downloads/consideracionessobrebiomecanicaenelpatinajeint.pdf>.
- Mantilla E. *Patinaje de carreras*. Colombia. Editorial Kinesis; 2006. p. 18.
- Konings MJ, Elferink-Gemser MT, Stoter IK, van der Meer D, Otten E, Hettinga FJ. Performance characteristics of long-track speed skaters: a literature review. *Sport. Med*. 2015;45(4):505-16.
- Pérez E, Sobrino R, Estrada O, Chillón R. Interacción mediante feedback auditivo para la mejora del equilibrio en mujeres que realizan actividad física. *Revista de Psicología del Deporte*. 2014;23(2):327-35.
- De Koning J, Foster C, Lampen J, Hettinga F, Bobbert M. Experimental evaluation of the power balance model of speed skating. *J Appl Physiol*. 2005;98(1):227-33.
- Konings MJ, Elferink-Gemser MT, Stoter IK, van der Meer D, Otten E, Hettinga FJ. Performance characteristics of long-track speed skaters: a literature review. *Sports Med*. 2015;45(4):505-16.
- Gallego J. Propuesta para el entrenamiento de estabilidad y la Propiocepción. Revista Digital EFDeportes.com. [revista electrónica]. 2013 [Consultado 14 oct 2014]. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd186/entrenamiento-%20de-la-estabilidad-y-la-propiocepcion.htm1/>
- Moreno V, López P, Rodríguez P. Lesiones y medidas de prevención en patinaje en línea recreativo: revisión. *Rev. int. med. cienc. act. Fis*. 2012;12(45):179-93.
- Baker C, Barwell G. Regulation of Balance After Spinning: A Comparison Between Figure Skaters and Controls. *WURI: Health and Natural Sciences*. 2017;7(1):1-7.
- Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sport Med*. 2011;41(3):221-32.
- Fitzpatrick R, McCloskey DI. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *Journal of Physiology*. 1994;478:173-86.
- García J, Villa J, Morane J, Moreno C. Influencia del entrenamiento de pretemporada en la fuerza explosiva y velocidad de un equipo profesional y otro amateur de un mismo club de fútbol. *Apunts. Rendimiento y Entrenamiento*. 2001;63:46-52.
- Yaggie JA, Campbell BM. Effects of balance training on selection skills. *J Strength Cond Res*. 2006;20(2):422-8.
- Gribble P, Kelly S, Refshauge K, Hiller C. Interrater Reliability of the Star Excursion Balance Test. *J Athl Train*. 2013;48(5):621-6.
- Gribble P, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in physical education and exercise science*. 2003;7(2):89-100.
- Gribble PA. The Star Excursion Balance Test as a measurement tool. *Athl Ther Today*. 2003;8(2):46-47.
- Hansen C, Cushman D, Chen W, Bounsanga J, Hung M. Reliability Testing of the Balance Error Scoring System in Children Between the Ages of 5 and 14. *Clin J Sport Med*. 2017;27(1):64-8.
- Bell DR, Guskiewicz KM, Clark MA, Padua DA. Systematic review of the balance error scoring system. *Sports health*. 2011;3(3):287-95.
- Iverson G, Koehle M. normative data for the balance scoring system in adults. *Rehabil Res Pract*. 2013;2013:1-5.
- Mancera E, Hernández E, Hernández F, Prieto L, Quiroga L. Efecto de un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo sobre el balance postural en futbolistas: ensayo Controlado aleatorizado. *Rev. Fac. Med*. 2013;61(4):339-47.
- Ávalos C, Berrío J. Evidencia del trabajo propioceptivo utilizado en la prevención de lesiones deportivas. [tesis de postgrado] [Medellín]: Universidad de Antioquia; 2007 [citado 14 may 2015] disponible en: <http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/062-evidencia.pdf>.
- Saunders NW, Hanson NJ, Koutakis P, Chaudhari AM, Devor ST. Figure skater level moderates balance training. *Int J Sports Med*. 2013;34(4):345-9.
- Lozano R, Contreras, D. Características antropométricas de los patinadores de velocidad en línea. Torneo nacional de transición Cartagena de Indias, diciembre 2005. Spagatta magazine: Patinaje sin Fronteras. Universidad de Pamplona. [revista electrónica] 2009 [consultado 10 oct/2014]. Disponible en: http://afpyma.startlogic.com/pdf/articulos/bio/caracteristicas_antropometricas.pdf.
- Lozano R, Barajas Y. Tipología de la región plantar influyente en la actividad física de los deportistas en formación del club norte patín en línea de la ciudad de Cúcuta. *Revista Actividad Física y Desarrollo Humano*. 2012;4(1):105-12.
- Lozano R, Villa J, Morante J. Características fisiológicas del patinador de velocidad sobre ruedas determinadas en un test de esfuerzo en el laboratorio. *Ef. deportes. Com*, Revista digital. [revista electrónica]. 2006 [consultado 10 oct /2014] Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd94/patin.htm>.
- Lozano R, Cárdenas W. Análisis de la comparación corporal en la preparación de los patinadores de velocidad en la selección norte de Santander participantes en los juegos Nacionales 2012. *Revista actividad física y desarrollo humano*. 2013;5(1):1-9.
- García K, Bolívar M. Comparación cinemática de los ciclos de empuje en patinadores competitivos, de 11 a 17 años, utilizando una tabla deslizante y la recta en pista. [tesis de grado] [Pereira]: Universidad Tecnológica de Pereira; 2011. [citado 10 jun 2016] disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/12623709/comparacion-cinematica-de-los-ciclos-de-empuje-en-patinadores>
- Konings MJ, Elferink-Gemser MT, Stoter IK, Van der Meer D, Otten E, Hettinga FJ. Performance characteristics of long-track speed skaters: a literature review. *Sports Med*. 2015;45(4):505-16.
- Heitkamp HC, Horstmann T, Mayer F, Weller J, Dickhuth HH. Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int J Sports Med*. 2001;22(4):285-90.
- Kovacs EJ, Birmingham TB, Forwell L, Litchfield RB. Effect of training on postural control in figure skaters: a randomized controlled trial of neuromuscular versus basic off-ice training programs. *Clin J Sport Med*. 2004;14(4):215-24.
- Winter T, Beck H, Walther A, Zwipp H, Rein S. Influence of a proprioceptive training on functional ankle stability in young speed skaters—a prospective randomised study. *J Sports Sci*. 2015;33(8):831-40.
- Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zacchilli MA, Belmont PJ. The epidemiology of ankle sprains in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(13):2279-84.
- Crossman AR, Neary D. *Neuroanatomía. Texto y atlas en color*. Barcelona. Editorial Elsevier, Masson, 2007. p.18-115.
- McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, Part I: Can deficits be detected with instrumented testing. *J Athl Train*. 2008;43(3):293-304.

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

Métodos de entrenamiento propioceptivos como herramienta preventiva de lesiones en futbolistas: una revisión sistemática

Álvaro Cristian Huerta Ojeda^{1,2,4}, Diego Alejandro Casanova Sandoval³, Guillermo Daniel Barahona-Fuentes^{1,2}

¹Facultad de Educación. Escuela de Educación Física. Universidad de Las Américas sede Viña del Mar. Chile. ²Grupo de Investigación en Salud. Actividad Física y Deporte ISAFYD. Universidad de Las Américas sede Viña del Mar. Chile. ³Facultad de Ciencias. Magíster Medicina y Ciencias del Deporte. Universidad Mayor. Chile. ⁴Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports. Chile.

Recibido: 21.11.2018
Aceptado: 25.03.2019

Resumen

Introducción: Los ejercicios de propiocepción se han utilizado como método de entrenamiento para disminuir la tasa de lesiones de los jugadores de fútbol, pero no existe certeza de la cantidad de investigaciones existentes ni los resultados de estos métodos.

Objetivo: Investigar cuáles fueron los métodos de entrenamientos usados para la prevención de lesiones en las extremidades inferiores en futbolistas entre los años 2008 y 2018. El objetivo secundario fue describir los resultados obtenidos en cada uno de los estudios.

Material y método: El estudio corresponde a una revisión sistemática de estudios previamente publicados. Se evaluaron artículos publicados entre los años 2008 y 2018 que relacionaron ejercicios de propiocepción y prevención de lesiones. La búsqueda electrónica se realizó a través de Web of Science, Scopus, Sport Discus, PubMed, MedLine. Se incluyeron todos los artículos que utilizaron propiocepción como ejercicios para la prevención de lesiones.

Resultados: Fueron encontrados 11 artículos que utilizaron ejercicios de prevención en futbolistas. Los cuales fueron estratificados según el objetivo descrito: (i) Entrenamiento propioceptivo, (ii) Entrenamiento de equilibrio, (iii) Entrenamiento neuromuscular y (iv) Entrenamiento de control postural.

Conclusión: Al término de la revisión sistemática se hallaron programas de propiocepción, equilibrio, neuromuscular y control postural. Estos métodos de entrenamiento han demostrado tener buenos resultados en la prevención de lesiones, especialmente en rodillas y tobillos. Por lo anteriormente descrito, se precisa incluir ejercicios de prevención de lesiones en los programas de entrenamiento desarrollado por futbolistas.

Palabras clave:
Prevención. Propiocepción.
Lesiones. Fútbol.

Proprioceptive training methods as a tool for the prevention of injuries in soccer players: a systematic review

Summary

Introduction: Proprioceptive exercises have been used as a training method in the reduction of injuries' rate on soccer players. However, there is no certainty about the number of researches performed or the results of these methods.

Objective: Investigate out which the training methods were used in lower limbs to prevent soccer players' injuries between 2008 and 2018. The secondary objective was to describe the results of each research.

Material and method: This study is a Systematic Revision of research already published. Articles published between 2008 and 2018 that connected proprioception exercises to injury prevention were reviewed. The electronic search was performed through Web of Science, Scopus, Sport Discus, PubMed, and MedLine. All articles that presented proprioception as exercises to prevent injuries were included.

Results: 11 articles were found which used exercises connected to preventive programs in soccer players. Which were stratified according to the described aim: (i) Proprioceptive program, (ii) Balance training, (iii) Neuromuscular training, and (iv) Posture-control training.

Conclusion: Once the systematic review ended, several preventive programs were found for soccer players based on proprioception, balance, neuromuscular and posture-control. These training methods have proven to have good results in the prevention of injuries, especially in knees and ankles. For the above described, it is necessary to include injury prevention exercises in the training programs developed by soccer players.

Key words:
Prevention. Proprioception.
Injuries. Football.

Correspondencia: Álvaro Cristian Huerta Ojeda
E-mail: achuertao@yahoo.es

Introducción

El fútbol constituye un fenómeno que conlleva una gran participación social, destacándose en ámbitos recreativos, formativos, y competitivos, generando beneficios entre los que se encuentran una mejora cardiovascular asociada a la salud y el metabolismo del jugador, además ayuda a la prevención de otras enfermedades como la diabetes y la hipertensión¹. La masividad de este deporte ha llevado a que junto con los entrenamientos físicos, técnicos y tácticos, también se estén desarrollado métodos para la prevención de lesiones². Esto último se debe a que toda actividad deportiva conlleva un determinado riesgo de adquirir algún tipo de trauma, es por ello que para la práctica del fútbol es necesario contar con equipamiento adecuado, tener una óptima condición física, un entrenamiento controlado y una buena técnica en el deporte³. Lo anterior es más evidente en deportistas de alto rendimiento, ya que ellos pueden incrementar la energía músculo esquelética con una mayor probabilidad para que se presenten lesiones agudas y crónicas⁴.

En el fútbol las lesiones surgen con mayor frecuencia de lo esperado, siendo un factor limitante para los deportistas⁵. En una investigación desarrollada por Carlos-Vivas *et al.*⁶, se concluyó que la mayoría de las lesiones que ocurren son de miembros inferiores, y son de carácter tanto muscular como articular, en específico muslos, tobillos, ingle y rodillas, generando un largo tiempo de recuperación y un amplio período de baja del deportista profesional y amateur. Por lo anterior, los programas de prevención de lesiones en los futbolistas deberían ser ejecutados durante todas las sesiones de entrenamiento⁷. Estos ejercicios han dado pie a la creación de programas como por ejemplo el FIFA 11+, el cual incluye ejercicios enfocados en correr, fuerza y pliometría². Jones y Rocha⁸, concluyeron que gran parte de los elementos que hacen exitosos los programas de prevención son los estiramientos, el fortalecimiento muscular del tren inferior y el aumento de la capacidad aeróbica.

Uno de los elementos importantes dentro de los programas de prevención, es la propiocepción⁹; esta corresponde a la relación de componentes kinestésicos y movimientos del cuerpo; un buen desarrollo

de la propiocepción asegura una buena sincronización de estímulo-respuesta, logrando un buen desempeño en la estabilización articular para poder prevenir lesiones. Schiffan *et al.*¹⁰ describen que al realizar un trabajo de carácter propioceptivo la articulación debe ser capaz de afrontar su capacidad para que las señales aferentes reaccionen a la posición articular, consiguiendo que cada ejercicio que se realice, independiente de su trabajo sea activo, pasivo, estático o dinámico, logre una respuesta en las extremidades.

Dentro de los factores importantes, la propiocepción es fundamental para un jugador de fútbol⁹. En un estudio, Daneshjoo *et al.*⁹ exponen que una baja de la función propioceptiva determinará la prevalencia de lesiones, consecuencia de esto, es de importancia obtener y evaluar la información del deportista para lograr una detección temprana de alguna carencia en el trabajo propioceptivo; así se podrán crear programas individuales de prevención acordes a cada jugador.

En consecuencia, en el entrenamiento deportivo, es de suma importancia prevenir las lesiones mediante programas de propiocepción, y de esta manera mantener un estado físico adecuado. Desafortunadamente, no existe la certeza de la cantidad de programas de entrenamiento que hayan usado la propiocepción como prevención de lesiones en futbolistas, es por ello que el objetivo principal de esta revisión sistemática fue investigar cuáles fueron los métodos de entrenamientos usados para la prevención de lesiones en las extremidades inferiores en futbolistas entre los años 2008 y 2018. El objetivo secundario fue describir los resultados obtenidos en cada uno de los estudios.

Material y métodos

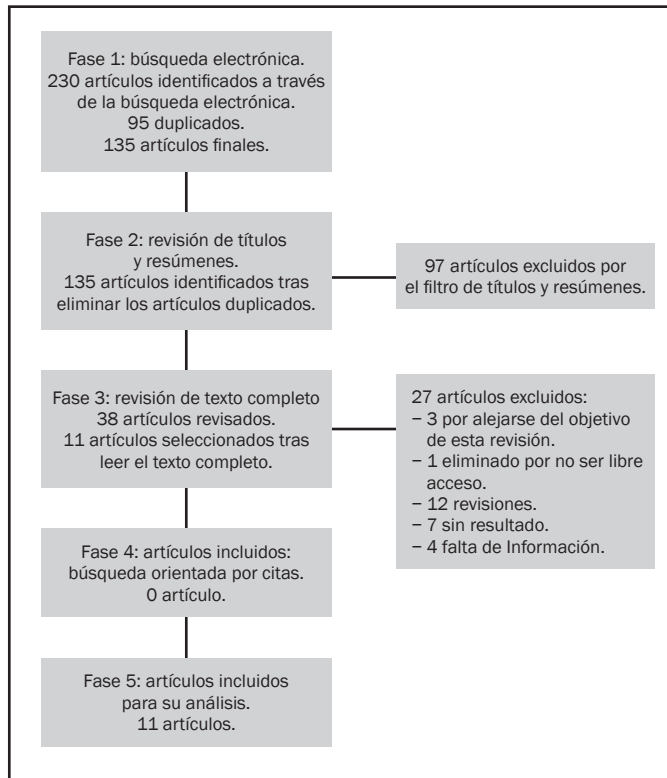
Búsqueda bibliográfica

El desarrollo de esta revisión sistemática se realizó a través de una rigurosa búsqueda orientada por referencias en distintas bases de datos y buscadores electrónicos. La combinación de palabras clave usada para la búsqueda electrónica se encuentra en la Tabla 1. La búsqueda electrónica se realizó dentro de Web of Science (WOS), Scopus, Sport Discus, PubMed, Medline.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda mediante selección y combinación de palabras clave.

Pasos	Estrategia	WOS	Scopus	Sport Discus	MedLine	PubMed
1	Proprioception training	4	7	53	83	4
2	Proprioception exercises	3	3	47	2	4468
3	Proprioception	3954	7449	1124	4364	15189
4	Proprioceptive	4325	5056	756	3464	3313
5	Proprioceptivity	2	4	0	1	1
6	#1 or #2 or #3 or #4 or #5	6994	9948	1614	34768	16757
7	Prevention	369112	476731	27917	716536	683295
8	Injury prevention	27906	38160	3868	11292	48732
9	#7 OR #8	369112	476731	27917	716536	683621
10	Soccer	14545	13819	7599	6362	6208
11	Football	16522	16156	10454	6909	6762
12	Soccer players	9319	6656	3756	3044	914
13	#10 OR #11 OR #12	26153	26086	14659	11087	10819
14	#6 AND #9 AND #13	64	41	27	40	58

Figura 1. Identificación de estudios en la revisión sistemática.



La estrategia de búsqueda se dividió en cinco etapas. Etapa uno: búsqueda electrónica en las distintas bases de datos, identificando 230 artículos. Luego de borrar todos los duplicados (95 artículos), quedaron 135 artículos. Etapa dos: filtro de títulos y resúmenes. Luego de eliminar los artículos por criterios de exclusión (97 artículos), quedaron 38 artículos. Etapa tres: lectura y análisis de forma íntegra de los 38 artículos. Tras revisar los 38 artículos, 27 fueron eliminados, todos por no cumplir con los criterios de inclusión. Etapa cuatro: búsqueda de artículos orientados por la bibliografía. En esta fase no se incluyeron nuevos estudios. Por lo anterior, la cantidad total de estudios para para la revisión sistemática fue de 11 artículos (Figura 1).

Criterios de inclusión y exclusión

Los límites de búsqueda fueron: artículos publicados en los últimos 10 años (enero de 2008 a julio del 2018), escritos en inglés, español, francés, portugués y alemán. Solo se incluyeron estudios experimentales.

La importancia de cada estudio se evaluó de acuerdo a los criterios de inclusión en la Tabla 2. Los estudios que no cumplieron con los criterios de inclusión fueron excluidos. Tanto la inclusión de los artículos como las discrepancias encontradas, se resolvieron por consenso entre los tres investigadores que formaron parte de la revisión sistemática.

Evaluación de la calidad metodológica

La escala de *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) se utilizó para evaluar la calidad de los estudios. La clasificación se realizó en base a

Tabla 2. Criterios de inclusión.

Diseño del estudio	Experimental.
Población	Hombres y mujeres futbolistas (entrenados – no entrenados) entre 14 y 30 años de edad.
Intervención	Entrenamiento que contengan ejercicios de propiocepción en el tren inferior.
Comparador	Estudios que generen cierto impacto en ejercicios de propiocepción en la prevención de lesiones.
Resultados	Tasa de incidencia de lesión, cambios en el rendimiento deportivo.
Idioma	Inglés, español, francés, portugués y alemán.
Exclusión	Niños y adulto mayor. Estudios con otros deportes. Entrenamiento de propiocepción en el tren superior. Entrenamientos que no contengan ejercicios de propiocepción.

Tabla 3. Lista de artículos incluidos con puntuación según la escala de PEDro.

	Selección	Comparabilidad	Resultados	Total
1 Gilchrist <i>et al.</i> ¹¹	***		****	7
2 Cameron <i>et al.</i> ⁷	***		****	7
3 Kraemer & Knobloch ¹²	**		****	6
4 Daneshjoo <i>et al.</i> ⁹	***		****	7
5 Daneshjoo <i>et al.</i> ²	***		****	7
6 Owen <i>et al.</i> ¹³	***		****	7
7 Donnelly <i>et al.</i> ¹⁴	****	***	****	11
8 Cug <i>et al.</i> ¹⁵	***		****	7
9 González-Jurado <i>et al.</i> ³	***		****	7
10 Heleno <i>et al.</i> ¹⁶	****	**	****	10
11 Carlos-Vivas <i>et al.</i> ⁶	**		****	6

tres criterios de selección (máximo cuatro estrellas), comparabilidad (máximo tres estrellas) y resultados (máximo cuatro estrellas). Los artículos con puntuación de ocho a once fueron considerados de calidad metodológica alta, de cuatro a siete moderada y menor a cuatro baja.

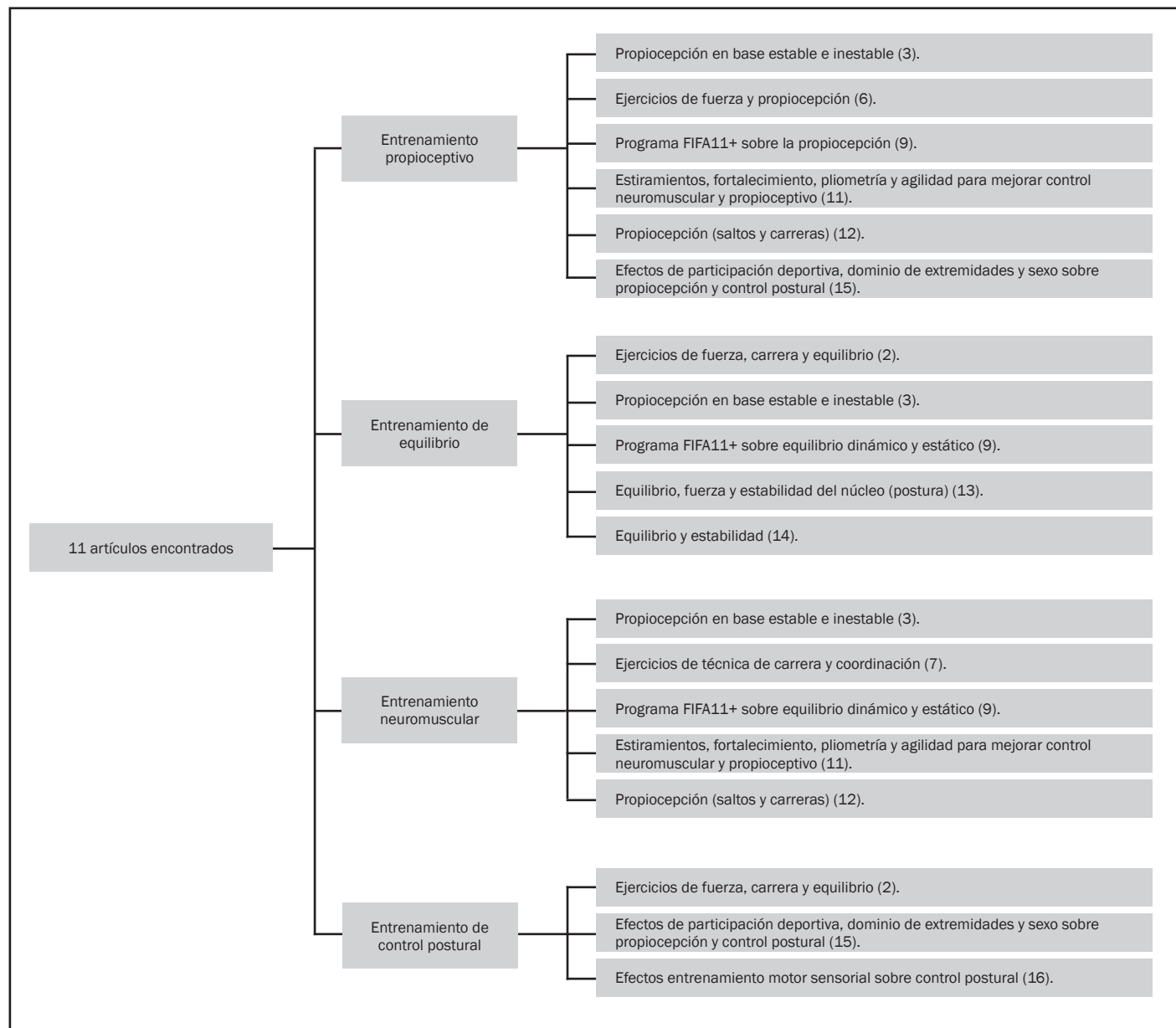
En relación a la puntuación obtenida por los artículos según la escala de PEDro, dos estudios obtuvieron una puntuación alta, nueve artículos fueron calificados como moderados y ningún estudio fue catalogado como bajo (Tabla 3).

Resultados

Cantidad de resultados disponibles

En la búsqueda electrónica se identificaron 230 artículos, de los cuales 95 artículos fueron duplicados. Estos 135 artículos restantes fueron filtrados por títulos y resúmenes, quedando 38 artículos para la lectura y análisis de forma íntegra. Tras revisar estos 38 artículos, 27

Figura 2. Estratificación de los artículos de la revisión sistemática.



fueron eliminados por no cumplir con los criterios de inclusión. En la búsqueda de artículos orientados por las referencias bibliográficas no se incluyeron nuevos estudios. Por lo anterior, la cantidad total de estudios para la revisión sistemática fue de 11 artículos. Estos artículos fueron estratificados según el tipo de intervención:

- Entrenamiento propioceptivo.
- Entrenamiento de equilibrio.
- Entrenamiento neuromuscular.
- Entrenamiento de control postural (Tabla 4 y Figura 2).

Es importante mencionar que, en esta estratificación, la mayoría de los estudios hallados utilizaron más formas de entrenamiento. Pese a

esto, en la descripción de los programas se reportó como forma principal de prevención de lesiones el entrenamiento de propiocepción^{3,6,9,11,12,15}, entrenamiento de equilibrio^{2,3,9,13,14}, neuromuscular^{3,7,9,11,12} y control postural^{2,15,16} (Figura 2).

Significancia de resultados disponibles

Dentro de los 11 estudios seleccionados, independiente del tipo de entrenamiento, sexo, nivel de profesionalismo, activos o sedentarios, nueve presentaron resultados significativos en la prevención de lesiones^{2,3,6,7,9,11,12,15,16}, y en solo dos no hubo cambios significativos en la prevalencia de lesiones^{13,14}.

Tabla 4. Características y resultados de los métodos de entrenamiento preventivos en futbolistas.

Referencia	Año	Objetivos	Sujetos	Variables	Protocolo	Resultados	Rendimiento
Cameron <i>et al.</i> ⁷	2009	Examinar el efecto del entrenamiento HamSprint Drills y el calentamiento de Fútbol convencional en el control neuromuscular de las extremidades inferiores.	H = 26 (GE = 13, GC = 13)	I: PP D: CP	GC: Solo realizan calentamiento que consistía en estiramientos, trabajos de velocidad y ejercicios de Fútbol durante 30 minutos. GE: Durante el calentamiento ejecutaron PE específico HamSprint Drills, se basa en ejercicios para mejorar la técnica de carrera y la coordinación.	GE ↑ vs GC en 0,115 en el área bajo la curva, equivalente a una mejora de 1,1 en la desviación estándar del programa.	↑
Cug <i>et al.</i> ¹⁵	2016	Cuantificar los efectos de la participación deportiva, el dominio de extremidades, el sexo en el control postural y la propiocepción articular de la rodilla.	H = 38 (GHF = 19, GHS = 19) M = 35 (GMF = 17, GMS = 18)	I: PE D: Apd, Apnd, CP	Fueron evaluados con mSEBT para el control dinámico, con 4 ensayos de práctica. Se pidió que ubicaran el dedo gordo en el centro de la cuadrícula y que llegaron lo más lejos posible con su extremidad de alcance, se completa con un solo toque. Dinamómetro isocinético Biodex para el sentido de la posición de la articulación 30°, 45° y 60° desde 90° de flexión de la rodilla.	Dentro de la prueba mSEBT la dirección pósteromedial fue mejor en futbolistas vs individuos sedentarios (p = 0,006). La dirección anterior fue mejor para los individuos sedentarios vs jugadores de Fútbol (p = 0,04). No existe alguna diferencia de sexo o extremidad dominante.	↑
Daneshjoo <i>et al.</i> ²	2013	Examinar los efectos de los programas FIFA11+ y HarmoKnee sobre medidas de rendimiento en jugadores de Fútbol profesional.	H = 36 (GE1 = 12, GE2 = 12, GC = 12)	I: PE D: RF, Velocidad, Agilidad	GE1 (FIFA11+): Ejercicios de 1ª carrera, 2ª Fuerza, CP y Equilibrio, 3ª carrera avanzada, 3 veces por semana + entrenamiento normal. GE2 (HarmoKnee): Ejercicios de (calentamiento, fuerza, equilibrio, y activación muscular) 3 veces por semana + entrenamiento normal. GC: Entrenamiento normal.	GE1 y GE2 ↑ vs GC en pruebas de V, V con y sin balón y agilidad Illinois (p < 0,005). Por lo tanto, GE1 mejoró el salto, agilidad y la habilidad de Fútbol, mientras que GE2 mejoraron habilidades empleadas en el Fútbol.	↑
Daneshjoo <i>et al.</i> ³	2012	Investigar los efectos del FIFA11+ y HarmoKnee, en la propiocepción, el equilibrio dinámico y estático de los jugadores de Fútbol profesional.	H = 36 (GE1 = 12, GE2 = 12, GC = 12)	I: PE D: Equilibrio, Flexibilidad, Propiocepción,	GE1 (FIFA11+): Ejercicios de 1ª carrera, 2ª Fuerza, CP y Equilibrio, 3ª carrera avanzada. GE2 (HarmoKnee): Ejercicios de (calentamiento, fuerza, equilibrio, y activación muscular). Ambos ejecutaron PE 3 veces por semana 20 minutos de ejercicios específicos. GC: trabajó entrenamiento regular. Dinamómetro isocinético Biodex para el sentido de la posición de la articulación 30°, 45° y 60° desde 90° de flexión de la rodilla.	El error de propiocepción de la pierna dominante ↓ en el GE1, en la flexión de rodilla de 2,8% y 1,7% vs el 3,0% y 2,1% en el GE2. Equilibrio estático fue significativamente mayor con los ojos abiertos que a ojos cerrados (p < 0,000). Hay mejoras en SEBT GE1 (12,4%) y GE2 (17,6%).	↑
Donnelly <i>et al.</i> ¹⁴	2015	Determinar si el ejercicio de técnica y equilibrio implementado junto al entrenamiento de futbolistas influyó en la activación muscular que cruza la rodilla durante el paso lateral planificado y no planificado.	H = 28 (EET = 12, ES = 16)	I: EE D: TE, T, Tec	Las intervenciones de entrenamiento se trabajaron durante 20 minutos como calentamiento, 2 veces por semana durante las primeras 18 semanas, y luego 1 vez por semana hasta la semana 28. El EE incluyó ejercicios de equilibrio de balón de una sola pierna, disco de estabilidad y de estabilidad suiza.	Cambios ns en la activación muscular de ES y EET. Al finalizar la temporada el extensor de rodilla (p = 0,023) y semimembranoso (p = 0,006) aumentaron en activación muscular de forma planificada y no planificada.	=
Gilchrist <i>et al.</i> ¹¹	2008	Examinar si el uso del calentamiento alternativo, mejora el control neuromuscular y propioceptivo y puede reducir el número de lesiones de LCA.	M = 1435 (GE = 583, GC = 852)	I: PP D: L, % L, LCA	GE: Integraron calentamiento alternativo a su trabajo que incluía (estiramiento, fortalecimiento, ejercicios polimétricos, agilidad), 3 veces por semana. GC: Solo realizaron su calentamiento habitual.	La tasa de lesión de LCA fue 1,7 veces menor en GE vs GC (lo que significa una ↓ 41%). La tasa de lesión de LCA sin contacto fue 3,3 veces menor en el GE vs al GC (lo que significa una ↓ 70%).	↑
González-Jurado <i>et al.</i> ³	2016	Comparar dos programas de entrenamiento propioceptivo sobre base estable (GE1) y base inestable (GE2)	H = 18 (GE1 = 9, GE2 = 9)	I: EP D: CP	GE1: Ejercicios con base estable. GE2: Ejercicios en base inestable, se siguió el mismo PP solo cambió la base donde se trabajó. Se trabajó prueba SEBT 3 veces por 3 repeticiones.	Existen diferencias en variables GE1 anterior izquierdo; anterior lateral izquierdo; posterior derecha y ántero medial derecha (p < 0,005). GE2 anterior derecho; anterior izquierdo; pósteromedial derecha; pósteromedial izquierdo y medial derecho (p < 0,005).	↑
Helena <i>et al.</i> ¹⁶	2016	Evaluar los beneficios de un programa de entrenamiento motor sensorial de cinco semanas sobre el rendimiento funcional y el control postural en jóvenes futbolistas.	H = 22 (GE = 12, GC = 10)	I: PE D: CP, agilidad, coordinación	GE: Entrenamiento de Fútbol más el programa motor sensorial por 5 semanas, 3 veces por semana (ejercicios de soporte para piernas estáticas, saltos en una pierna, desplazamientos, ejercicios con balón, secuencias de trabajo y ejercicios en terrenos estables e inestables). GC: Entrenamiento normal. Se realizaron pruebas funcionales: SEBT, SHT y F8 como capacitación previa.	GE obtuvo resultados significativos en las pruebas de control postural SEBT (p > 0,05), agilidad y coordinación examinadas por F8 y SHT (p > 0,5 a 0,8) en comparación al GC.	↑

(sigue)

(continuación)

Referencia	Año	Objetivos	Sujetos	Variables	Protocolo	Resultados	Rendimiento
Kraemer & Knobloch ¹²	2009	Determinar el efecto del entrenamiento propioceptivo en tendinopatía patelar y de Aquiles	M = 24	I: PE D: L, TL	Durante la primera temporada 2003/2004 fue periodo de control con entrenamiento normal. En la segunda temporada 2003/2004 se aplicó EE el cual consistía en saltar hacia adelante en una base, carrera de obstáculos hacia adelante y atrás, carrera con obstáculos, saltos laterales, saltar hacia atrás en un pie, entre otros.	Se redujo la tasa de lesión de isquiotibiales sin contacto de 22,4 a 8,2 / 1000 horas (p=0,021), la tendinopatía patelar de 3,0 a 1,0 / 1000 horas (p = 0,022), y tendinopatía de Aquiles de 1,5 a 0,0 / 1000 horas (p = 0,035). + entrenamiento, - tasa de lesión general (r = -0,185, p = 0,001) tren inferior.	↑
Owen et al. ¹³	2013	Evaluar la eficacia de un programa de prevención en lesiones musculares y el número total de lesiones en el Fútbol profesional.	H = 26 – 23 (1ª temporada = 26, 2ª temporada = 23)	I: PP D: L, TL	1ª temporada (2008-2009) con intervención: PP multicomponente 2 veces por semana integrada por 4 estaciones de trabajo (equilibrio, fuerza funcional, estabilidad del núcleo y movilidad). 2ª temporada: control, sin PP.	Temporada de intervención (n = 88 total de lesión) > temporada de control (n = 72 total de lesión); no hay significancia entre ellos (p = 0,21).	=
Carlos-Vivas et al. ⁶	2017	Comprobar la eficacia de un programa de prevención en la reducción de lesiones en extremidades inferiores del Fútbol Amateur	H = 84 (GE = 40, GC = 44)	I: PP D: T, TL	GE: PP después del calentamiento 2 veces por semana que incluyen ejercicios de fuerza y propiocepción de los principales grupos musculares de la pierna. GC: Práctica habitual.	↑ de lesión en GC 82,9% vs 17,1% del GE, además por cada 1000 hora de juego el GE obtuvo 8 lesiones vs 41 del GC. PP tras el calentamiento, ↓ riesgo de sufrir lesiones en las extremidades inferiores.	↑

I: Independiente; D: Dependiente; M: Masculino; F: Femenino; PP: Programa de prevención; L: Lesión; %L: Porcentaje de lesión; s: Significativo; ns: No significativo; GC: Grupo control; GE: Grupo experimental; CP: Control postural; p: Personas; PE: Programa de entrenamiento; RF: Rendimiento físico; Apd: Ángulo de pierna dominante; Apnd: Ángulo de pierna no dominante; EN: Entrenamiento neuromuscular; EP: Entrenamiento propioceptivo; EE: Entrenamiento de equilibrio; TE: Tipo de ejercicio; T: Tiempo; TL: Tiempo lesión; Tec: Técnica; LCA: Ligamento cruzado anterior; ms: Mujer sedentaria; hs: Hombre sedentario; ES: Entrenamiento simulado; EET: Entrenamiento de equilibrio y técnica; mSEBT: Modified Star Excursion Balance Test; SEBT: Star Excursion Balance Test; ↑: Aumento; ↓: Disminuir; GHF: Grupo de hombres futbolistas; GHS: Grupo de hombres sedentarios; GMF: Grupo de mujeres futbolistas; GMS: Grupo de mujeres sedentarias; SHT: Side Hop Test; F8: Figure of the Eight.

Discusión

Programas de prevención

Al término de la revisión sistemática, se hallaron varios programas de prevención, y la gran mayoría de estos programas se centraron en la disminución de la tasa de lesiones en el deporte^{17,18}, especialmente en rodillas y tobillos¹⁹, pero pese a que la mayoría de los programas poseen como objetivo la prevención de lesiones, cada una de las investigaciones consultadas tiene un enfoque distinto^{3,9,11,12,15}. Es así como Schiftan et al.¹⁰ concluyeron que los programas de entrenamiento propioceptivo son efectivos para reducir la tasa de esguinces de tobillo, mientras que Owen et al.¹³ recomiendan que un programa de entrenamiento de prevención de múltiples componentes puede ser apropiado para reducir la cantidad de lesiones musculares durante una temporada. Sin embargo, e independiente a la detallada descripción de los autores anteriormente mencionados, los programas preventivos se deben complementar con grabación, retroalimentación del movimiento y la repetición constante de los trabajos en la práctica, ya que este conjunto de herramientas metodológicas generó cambios en la respuesta neuromuscular de los deportistas⁷. Consecuencia de esto, algunos investigadores han establecido que este tipo de entrenamiento debe ser ejecutado diariamente por los deportistas¹³. Según Ladenhauf et al.²⁰ y Hottenrott et al.²¹, para tener éxito en los programas de prevención se deben incorporar ejercicios de fortalecimiento, pliometría, agilidad, propiocepción, equilibrio y entrenamiento neuromuscular. Por otra parte, Liebert²² describe que estos tipos de programas de prevención deben durar entre 15 a 20 minutos, además deben ser de bajo costo y sencilla implementación. Según Rahnama²³, al realizar más investigaciones sobre los factores

de riesgo asociados al fútbol, se podrán entregar consejos sólidos a los jugadores, el cuerpo médico del equipo, al entrenador e incluso a los árbitros, esto permitiría que la prevención de lesiones, conserve la salud del jugador y mejore el rendimiento deportivo. Un ejemplo de lo anterior es el programa de prevención FIFA11+ (esta metodología de calentamiento tiene una duración aproximada de 20 minutos y se compone de tres partes bien definidas con un total de 15 ejercicios, se debe aplicar antes de los entrenamientos y de la competición); este programa preventivo ha demostrado ser eficaz en la disminución de las lesiones, manifestando efectos positivos en deportistas²⁴.

Entrenamiento neuromuscular

El objetivo principal de este tipo de entrenamientos es el mejoramiento del control neuromuscular, basándose en un aumento en la estabilización de la articulación, y produciendo una coactivación muscular desencadenando una mayor estabilización de la articulación^{25,26}. Se ha demostrado que los programas neuromusculares generan un efecto positivo en la prevención de lesiones y desequilibrios musculares, además al integrar pliometría genera cambios en el sistema neural y músculoesquelético aumentando el rendimiento deportivo²⁷. Algunos investigadores como Huebscher et al.²⁸ y Acevedo et al.²⁹, han descrito que los entrenamientos neuromusculares deben contener una combinación de ejercicios de equilibrio, pliometría, agilidad y fuerza en el deporte específico, además estos ejercicios deben realizar una retroalimentación de la mecánica corporal. Complementando la descripción anterior, Huebscher et al.²⁸ y Gilchrist et al.¹¹, mencionan que los entrenamientos propioceptivos y neuromusculares generan un impacto en las lesiones de los deportistas, los que debido a los ajustes

continuados a través de la repetición del ensayo-error del sistema nervioso, han demostrado resultados alentadores en la reducción de lesiones. Desafortunadamente y basados en la evidencias existente, que presenta un gran número de ejercicios y tipos de programas de propiocepción aplicables, sería aventurado sugerir una rutina o programa de propiocepción a seguir^{11,28}. Sin embargo, la propuesta realizada por Ergen & Ulkar³⁰, permite realizar ejercicios que no representan algún grado de complejidad, por ejemplo, los trabajos en distintas superficies con ojos abiertos o cerrados y alternando piernas; estos ejercicios al ser complementados con estiramiento, fortalecimiento muscular, trabajos de pliometría y agilidad, podrían ayudar a disminuir las lesiones de rodillas.

Entrenamiento de equilibrio

El objetivo central de este tipo de entrenamientos es desarrollar la capacidad del deportista para mantener y controlar su centro de gravedad³¹. A su vez, el equilibrio postural es necesario para el desarrollo armónico y adecuado durante el juego, esto se establece como integración multisensorial³². Por otro lado, el entrenamiento de equilibrio hace referencia a ejercicios que mejoran la estabilidad postural y promueven los mecanismos responsables de la contracción de los músculos agonistas y antagonistas³³. Al término de la revisión sistemática, no se encontraron programas de entrenamiento con una orientación exclusiva hacia el desarrollo del equilibrio, más bien fue un conjunto de ejercicios preventivos que incluían trabajos en distintas superficies y desestabilizaciones^{3,14,31}, ejercicios de fuerza, carrera y equilibrio², programa FIFA11+ sobre equilibrio dinámico y estático⁹, equilibrio, fuerza y estabilidad del núcleo (postura)¹³. Por lo anterior, acá también sería aventurado sugerir una rutina o programa de equilibrio a seguir, sin embargo y basados en los resultados declarados por los autores el programa FIFA11+ sobre equilibrio dinámico y estático⁹ parece ser una alternativa de entrenamiento preventivo.

Entrenamiento propiocepción

La propiocepción es el proceso mediante el cual el cuerpo toma la información proporcionada por el sistema nervioso a través de vías aferentes y eferentes^{34,35} generando una respuesta motora³⁶ y así descubrir efectos de manera consciente e inconsciente sobre el equilibrio postural, estabilidad y sentido muscular³⁷. El entrenamiento propioceptivo puede ser analizado por dos vías; la primera de ellas está relacionada con los tipos de trabajos que se pueden realizar, dentro de estos están los estiramientos, fortalecimientos, pliometría y agilidad; el segundo análisis es que este tipo de ejercicios deben ser repetitivos para lograr una correcta ejecución asociada a la práctica³⁰. En este sentido, Daneshjoo *et al.*⁹ describieron los programas de propiocepción como un elemento principal de los métodos de prevención para un jugador de fútbol, ya que al disminuir la función propioceptiva se generará una tendencia para adquirir lesiones con mayor facilidad, es por ello, la importancia de evaluar y obtener información del futbolista para observar la carencia en el trabajo propioceptivo y desde ahí poder crear programas de prevención acorde al jugador. En base a la información existente, los ejercicios de fuerza y propiocepción⁶, el Programa FIFA11+ sobre la propiocepción⁹, y otros como los estiramientos, fortalecimiento, pliometría y agilidad para mejorar control neuromuscular y propioceptivo¹¹, son

alternativas concretas para ser incorporadas sobre programas preventivos en futbolistas, pero desafortunadamente, no todos los programas de entrenamiento propioceptivo tienen un efecto significativo sobre esta variable³. En un estudio presentado por González-Jurado *et al.*³, se reportó que luego de cinco semanas de la aplicación de un programa de entrenamiento con base inestable y base estable, no se encontraron diferencias significativas en un equipo de fútbol ($p > 0,05$). Pese a esto, la evidencia demuestra que incorporar ejercicios específicos para la prevención de lesiones en las extremidades inferiores posterior al calentamiento reduce la incidencia de las mismas^{6,9,11}.

Control postural

El control postural hace referencia a la mantención del centro de masa contra las fuerzas que genera la gravedad, el control postural se consigue través de las contracciones musculares³⁸. El control postural integra tres vías aferentes: vestibular, visual y sensorio motor³⁹, vías que cumplen un papel fundamental en actividades del deportista, dando mayor énfasis en todos los trabajos que mantienen el equilibrio y que se vuelva importante en el rendimiento del jugador⁴⁰. Pese a que la evidencia existente no declara pruebas específicas del control postural, si declaran un incremento en la agilidad, potencia de piernas y habilidad de fútbol luego de la incorporación del programa FIFA11+ como parte de los calentamientos en futbolistas². Así mismo, Heleno *et al.*¹⁶ evaluaron los beneficios de un programa de entrenamiento sensorial motor de cinco semanas sobre el rendimiento funcional y el control postural de los jóvenes futbolistas, las pruebas usadas por los investigadores fueron *Star Excursion Balance Test* (SEBT), *Side Hop Test* (SHT) y *Figure-of-Eight Test* (F8); al finalizar la intervención el grupo experimental mejoró en todas las pruebas¹⁶. Consecuentemente, los programas de entrenamiento postural, evidencian mejoras en el rendimiento, además pueden ser llevados a cabo con equipos fácilmente disponibles y de bajo costo.

Conclusión

Al término de la revisión sistemática, se evidenció que los principales métodos para la prevención de lesiones en las extremidades inferiores en futbolistas fueron los entrenamientos propioceptivos, entrenamientos de equilibrio, entrenamientos neuromusculares y entrenamientos de control postural. Dentro de estos programas se destacan los entrenamientos propioceptivos como elemento principal o secundario en los programas de prevención, los que han sido fundamentales para disminuir la tasa de lesiones y el reintegro de los futbolistas post trauma. Así mismo, la evidencia demuestra que los programas preventivos son de fácil aplicación, corta duración (15 a 20 minutos) y no se necesitan implementos costosos para poder realizarlos²². Por lo anteriormente descrito, se precisa incluir ejercicios de prevención de lesiones en los programas de entrenamiento desarrollado por futbolistas.

Aplicaciones prácticas

En términos prácticos, y luego de realizada la revisión sistemática, los ejercicios para la prevención de lesiones son una herramienta de gran utilidad y presentan una amplia variedad de trabajos para disminuir

el riesgo de lesiones en futbolistas. Sin embargo, se deben tener en cuenta algunos aspectos:

- Integrar a cada uno de los programas preventivos ejercicios de propiocepción, ya que se ha demostrado tener buenos resultados en la prevención de lesiones, en especial rodillas y tobillos de los futbolistas.
- Al momento de ejecutar un programa de prevención se debe tener en cuenta el tipo de jugador, historial de lesiones y qué tipos de ejercicios se podrían aplicar.
- Si es un programa preventivo propioceptivo para un grupo de futbolistas, desarrollar una secuencia metodológica adecuada para cubrir de forma genérica todas las necesidades del equipo. Asimismo, se deberían variar los tipos de ejercicios entre las distintas sesiones.
- Cada uno de los programas que se puedan aplicar, deben contar con personal especializado que cumplan con las capacidades necesarias para poder aplicar cada uno de los ejercicios de forma correcta, sin arriesgar la integridad del jugador.
- Por último, se invita a los investigadores a determinar nuevos programas de prevención aplicando propiocepción en las extremidades inferiores de los futbolistas para disminuir la tasa de lesiones.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

1. Márquez Arabia JJ, Ramón Suárez G, Quiceno Noguera C. Lesiones en futbolistas de un equipo sudamericano durante 1 año de seguimiento. *Rev Cuba Ortop Traumatol.* 2016;30(1):65-75.
2. Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. Effects of the 11+and Harmoknee Warm-Up Programs on Physical Performance Measures in Professional Soccer Players. *J Sports Sci Med.* 2013;12(3):489-96.
3. Gonzalez-Jurado JA, Romero Boza S, Campos Vazquez MA, Toscano Bendala FJ, Otero-Saborido FM. Comparison of a Proprioceptive Training Program on Stable Base and Unstable Base. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte.* 2016;16(64):617-32.
4. Villaquirán AF, Portilla-Dorado E, Vernaza-Pinzón P. Caracterización de la lesión deportiva en atletas caucanos con proyección a Juegos Deportivos Nacionales. *Univ Salud.* 2016;18(3):541-9.
5. Adalid Leiva JJ. Propuesta de incorporación de tareas preventivas basadas en métodos propioceptivos en fútbol. *Retos.* 2014;7(26):163-7.
6. Carlos-Vivas J, Martín-Martínez JP, Chavarrias M, Pérez-Gómez J. Preventive exercises after warming help to reduce injuries in soccer. *Arch Med Deporte.* 2017;34(1):21-4.
7. Cameron ML, Adams RD, Maher CG, Misson D. Effect of the HamSprint Drills training programme on lower limb neuromuscular control in Australian football players. *J Sci Med Sport.* 2009;12(1):24-30.
8. Jones H., Rocha PC. *Prevention in ACL Injuries.* Sports Injuries. Berlín, Heidelberg. Springer; 2012. p. 33-42.
9. Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception, Static and Dynamic Balance on Male Soccer Players. *Plos One.* 2012;12(7):e51568.
10. Schifftan GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2015;18(3):238-44.
11. Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, et al. A Randomized Controlled Trial to Prevent Non contact Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Collegiate Soccer Players. *Am J Sports Med.* 2008;36(8):1476-83.
12. Kraemer R, Knobloch K. A Soccer-Specific Balance Training Program for Hamstring Muscle and Patellar and Achilles Tendon Injuries An Intervention Study in Premier League Female Soccer. *Am J Sports Med.* 2009;37(7):1384-93.
13. Owen AL, Wong del P, Dellal A, Paul DJ, Orhant E, Collie S. Effect of an injury prevention program on muscle injuries in elite professional soccer. *J Strength Cond Res.* 2013;27(12):3275-85.
14. Donnelly CJ, Elliott BC, Doyle TL, Finch CF, Dempsey AR, Lloyd DG. Changes in muscle activation following balance and technique training and a season of Australian football. *J Sci Med Sport.* 2015;18(3):348-52.
15. Cug M, Wikstrom EA, Golshaei B, Kirazci S. The Effects of Sex, Limb Dominance, and Soccer Participation on Knee Proprioception and Dynamic Postural Control. *J Sport Rehab.* 2016;25(1):31-9.
16. Heleno LR, da Silva RA, Shigaki L, Araujo CG, Coelho Candido CR, Okazaki VH, et al. Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players - A blind randomized clinical trial. *Phys Ther Sport.* 2016;22:74-80.
17. Donnell-Fink LA, Klara K, Collins JE, Yang HY, Goczalk MG, Katz JN, et al. Effectiveness of Knee Injury and Anterior Cruciate Ligament Tear Prevention Programs: A Meta-Analysis. *Plos One.* 2015;4;10(12):e0144063.
18. Grimm NL, Shea KG, Leaver RW, Aoki SK, Carey JL. Efficacy and Degree of Bias in Knee Injury Prevention Studies: A Systematic Review of RCTs. *Clin Orthop.* 2013;471(1):308-16.
19. Meurer MC, Silva MF, Baroni BM. Strategies for injury prevention in Brazilian football: Perceptions of physiotherapists and practices of premier league teams. *Phys Ther Sport.* 2017;28:1-8.
20. Ladenhauf HN, Graziano J, Marx RG. Anterior cruciate ligament prevention strategies: are they effective in young athletes - current concepts and review of literature. *Curr Opin Pediatr.* 2013;25(1):64-71.
21. Hottenrott K, Gronwald T, Neumann G. Neuromuscular movement control as a predictor for injury prevention. *Sport Orthop Sport Traumatol.* 2011;27(4):274-82.
22. Liebert R. Establishment and Evaluation of an Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Program. *Orthop Nurs.* 2016;35(3):161-71.
23. Rahnama N. Prevention of football injuries. *Int J Prev Med.* 2011;2(1):38-40.
24. Palazón FJR, de Baranda, MP. Programas de entrenamiento neuromuscular para la prevención de lesiones en jóvenes deportistas: Revisión de la literatura. *Sport TK.* 2017;6(2):115-26.
25. Brito J, Soares J, Rebelo AN. Prevention of Injuries of the Anterior Cruciate Ligament in Soccer Players. *Rev Bras Med Esporte.* 2009;15(1):62-9.
26. Sankaravel M, Lee JLF, Boon OK, Jegannathan S. Effect of Neuromuscular Training on Balance among University Athletes. *Int J Phys.* 2016;3(3):385-9.
27. Medina JÁ, Lorente VM. Evolución de la prevención de lesiones en el control del entrenamiento. *Arch Med Deporte.* 2016;33:37-58.
28. Huebscher M, Zech A, Pfeifer K, Haensel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular Training for Sports Injury Prevention: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(3):413-21.
29. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior Cruciate Ligament Injury: Identification of Risk Factors and Prevention Strategies. *Curr Sports Med Rep.* 2014;13(3):186-91.
30. Ergen E, Ulkar B. Proprioception and ankle injuries in soccer. *Clin Sports Med.* 2008;27(1):195-217.
31. Eisen TC, Danoff JV, Leone JE, Miller TA. The Effects of Multiaxial and Uniaxial Unstable Surface Balance Training in College Athletes. *J Strength Cond Res.* 2010 07;24(7):1740-5.
32. Soto EM, Álvarez ÉH, Salinas FH, Mondragón LP, Díaz LQ. Efecto de un programa de entrenamiento físico basado en la secuencia de desarrollo sobre el balance postural en futbolistas: ensayo controlado aleatorizado. *Rev Fac Med.* 2013;61(4):339-47.
33. Brachman A, Kamieniarz A, Michalska J, Pawlowski M, Slomka KJ, Juras G. Balance Training Programs in Athletes - A Systematic Review. *J Hum Kinet.* 2017;58(1):45-64.
34. Ogard WK. Proprioception in Sports Medicine and Athletic Conditioning. *J Strength Cond Res.* 2011;33(3):111-8.
35. de Paiva M. Prevenção de lesões em futebolistas através do treinamento neuromuscular e propioceptivo em membros inferiores. *Rev Bras Prescr Fisiol Exerc.* 2014;8(43):5-13.
36. Rivera MJ, Winkelmann ZK, Powden CJ, Games KE. Proprioceptive Training for the Prevention of Ankle Sprains: An Evidence-Based Review. *J Athle Train.* 2017;52(11):1065-7.
37. Franco NR, Martínez-Amat A, López EJM. Efecto del entrenamiento propioceptivo en atletas velocistas. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte.* 2013;(51):2-15.
38. Petrocchi KE. La medición del control postural con estabílimetría - una revisión documental. *Esc Col Rehab.* 2011;1:1-27.
39. Alves BMO, Silva Jr, Rubens Alexandre da, Rosa LM, Mesquita TRD, Oliveira PRD, Burigo RL, et al. Postural control analysis during a standardized kick task in soccer athletes. *Rev Bras Med Esporte.* 2018;24(2):89-96.
40. Guimaraes-Ribeiro D, Hernández-Suárez M, Rodríguez-Ruiz D, García-Manso J. Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes. *Rev Andal Med Deporte.* 2015;8(2):54-60.

Acute effects of heat on health variables during continuous exercise and their comparison with normal and cold conditions: A systematic review

Oriol Abellán-Aynés¹, Daniel López-Plaza¹, Carmen Daniela Quero Calero¹, Marta Isabel Fernández Calero², Luis Andreu Caravaca¹, Fernando Alacid³

¹International Chair of Sports Medicine. Faculty of Medicine. Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM). Spain. ²Department of physiotherapy. Faculty of Health Sciences. Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM). Spain. ³Department of Education. Health Research Centre. University of Almería. Spain.

Recibido: 15.03.2019

Aceptado: 24.04.2019

Summary

Background: There has been an increasing number of running practitioners in the last years. Although running activity involves several benefits for practitioners, it might also induce health problems when practicing under heat conditions.

Purpose: The main aim of this systematic review was to evaluate how high temperatures affect runner's health during continuous exercise.

Search strategy: The search for articles for this study was carried out in two different databases, Web of Science and Pubmed.

Study selection: The inclusion criteria were a) Studies that investigated the effects of endurance exercise, at least at 27°, on health variables, determining exercise intensity, indicating total time for exercise and presenting pre- and post-test results or compare with normal or cold conditions.

Results: 1336 articles were identified after the searching process. 333 runners were evaluated in fifteen articles that were included in the qualitative synthesis. High increases in heart rate, body and skin temperature, some urine and blood markers, blood pH, ventilation, rate of perceived exertion and sweat rate were identified during continuous activity under heat conditions, and also when comparing with normal or cold conditions. Lower values were found in body mass, eosinophil than those observed before the running activity. Lower values for oxygen consumption and plasma lactate may occur in hot conditions when comparing with normal conditions.

Conclusions: Studies analyzed conclude that an uncontrolled long-term activity in hot conditions may induce health problems related to high body and skin temperatures. Cooling strategies should be assessed after continuous exercise under hot conditions. In addition exercise in hot conditions produces greater increases in immune functions, heart rate, breathing stress, metabolic responses and rate of perceived exertion, also compared with normal and cold conditions.

Key words:

Heat. Endurance. Health. Hyperthermia.

Efectos agudos del calor sobre variables de salud durante el ejercicio continuo en comparación con condiciones normales y frías: una revisión sistemática

Resumen

Introducción: El número de corredores ha incrementado en los últimos años. Aunque la actividad de correr implica varios beneficios para los practicantes, también puede provocar problemas de salud cuando se practica en condiciones de calor.

Propósito: El objetivo de esta revisión fue evaluar cómo las altas temperaturas afectan la salud del corredor.

Estrategia de búsqueda: La búsqueda de artículos para este estudio se llevó a cabo en Web of Science y Pubmed.

Selección de estudios: Los criterios de inclusión fueron estudios que investigaron los efectos del ejercicio de resistencia, al menos a 27°, sobre variables de salud, determinando la intensidad y duración del ejercicio y se presentaron resultados previos y posteriores a la prueba o compararon con condiciones normales o frías.

Resultados: 1336 artículos fueron identificados después del proceso de búsqueda. 333 corredores fueron evaluados en quince artículos que fueron incluidos en la síntesis cualitativa. Durante la actividad en condiciones de calor, se identificaron incrementos elevados en la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y de la piel, algunos marcadores de orina y sangre, el pH sanguíneo, la ventilación, el esfuerzo percibido y la sudoración. Se encontraron valores más bajos de masa corporal y eosinófilos que los observados antes de la actividad de carrera. Valores más bajos de consumo de oxígeno y lactato aparecen en condiciones de calor cuando se comparan con las condiciones normales.

Conclusiones: Los estudios analizados concluyen que una actividad no controlada a largo plazo en condiciones de calor puede inducir problemas de salud relacionados con altas temperaturas corporales y de la piel. Además, el ejercicio en condiciones de calor produce mayores incrementos en las funciones inmunitarias, la frecuencia cardíaca, el estrés respiratorio, las respuestas metabólicas y el esfuerzo percibido, también en comparación con las condiciones normales y frías.

Palabras clave:

Calor. Resistencia. Salud. Hipertermia.

Correspondencia: Oriol Abellán Aynes

E-mail: oabellan@ucam.edu

Introduction

Nowadays there has been an increase in open running races where anyone can participate, even without a medical examination.

Endurance activity has several benefits on health according to a recent meta-analysis¹ that highlighted some advantages in body composition, resting heart rate (HR), maximal oxygen consumption (VO_{2max}), triglycerides or high density lipoproteins in sedentary people. Contrarily, the practice of running in hot conditions (HC) or cold conditions (CC) and high or low relative humidity can incur performance and health problems²⁻⁵.

The American College of Sports Medicine considers a hot environment when temperature exceeds 27 centigrade degrees (°C)⁶. Practicing sport under heat conditions affects negatively to aerobic performance⁷. After studying 28 marathons, positive correlations were found among non-finished runners and environmental temperature, and also between temperature and time needed to finish the races⁸. Hyperthermia, defined as an internal body temperature higher than 39.5°C⁹ may reduce VO_{2max} values up to 16% and increase heart rate (HR) between 15 and 20 beats per minute at the same intensity compared to cooler temperatures. This is due to the vasodilation process whose objective is to reduce skin temperature¹⁰. Fatigue might also occur as a consequence of high body temperatures even in trained subjects during prolonged exercise¹¹. Although resting values for body temperature are lower in trained athletes, aerobically trained subjects can reach higher body temperatures than untrained ones when exercising at maximal intensities¹². Skin temperature depends more on environmental conditions (temperature and relative humidity) while body internal temperature depends more on exercise intensity¹³.

During sweating, a runner may lose a huge quantity of electrolytes such as sodium or potassium, inducing hyponatremia. However, hyponatremia could be also consequence of hyperhydration or a big loose of body mass (BM)¹⁴, that ultimately might provoke death cases^{7,15-17}.

During exercise with high temperature exposure, there is a higher predominance of glycogen over lipid metabolism and also higher concentrations of plasma lactate¹⁸, which induce greater fatigue. Heat acclimation can reduce muscle glycogen rate of utilization even to 50% and 60%, reducing fatigue¹⁹. Other benefits of heat acclimation involve greater arterial elasticity²⁰ or reductions of heart rate in high temperature conditions²¹.

Body composition might be an important factor in exercise at different temperatures. The higher subcutaneous fat, the more efficient heat conservation is in cold environments due to a low thermic conductivity observed by fat mass²².

Humidity is another determining factor since sweat evaporation becomes more inefficient in a heat environment making body internal temperature difficult to reduce²³. During running, convection is less efficient in heat dissipation at lower running speeds, so this factor is identified as important in exercise intensity²³.

Continuous activity in hot conditions has less increases than variable-intensity exercise in heat storage, cardiovascular and metabolic stress²⁴. Therefore, the main aim of the present systematic review was to evaluate how high temperatures affect runner's health during continuous exercise.

Method

Search strategy

Two databases were used for the searching process, PubMed and Web of Science following the search terms "Heat" AND "endurance" AND "run"; "Heat" AND "Marathon"; and "Heat" AND "endurance" AND "Cycle". The process was undertaken from May to June of 2018 and no papers were excluded based on publication date or language.

Inclusion criteria

The inclusion criteria for the studies were: a) investigating the effects of endurance exercise on health variables, at least, at 27°C; b) determining the intensity of exercise or if it was self-paced; c) indicating the value for total time of exercise when no criteria of exercise conclusion were established by the researchers (until fatigue or reaching certain body temperature). If it was necessary, authors were contacted for getting this value and d) presenting pre- and post-exercise results in hot conditions or comparing it with normal conditions (NC) or cold conditions.

Exclusion criteria

Studies that did not investigate the relationship between health variables and exercise parameters were not included. Articles were excluded if the physical activity followed by the participants was not continuous (when different activities were undertaken, only continuous exercises were taken into consideration). Those that had an animal sample were not included either. No articles were included if they only focused on performance parameters. Investigations about the effects of any substance intake were excluded as well as the post-test results of an intervention program. Previous reviews and studies where heat effects on health variables variation were not measured or were not interesting for the review were also excluded. Additionally, studies measuring races and competitions, such as ultramarathon with race times longer than five hours were excluded due to intense temperature variations. Triathlon research was excluded because of water temperature effects. Last exclusion criteria included research with unhealthy participants.

Results

A flow chart for the article identification after the searching process is presented in Figure 1. Number of records identified, screened and those chosen for eligibility and included ones are shown.

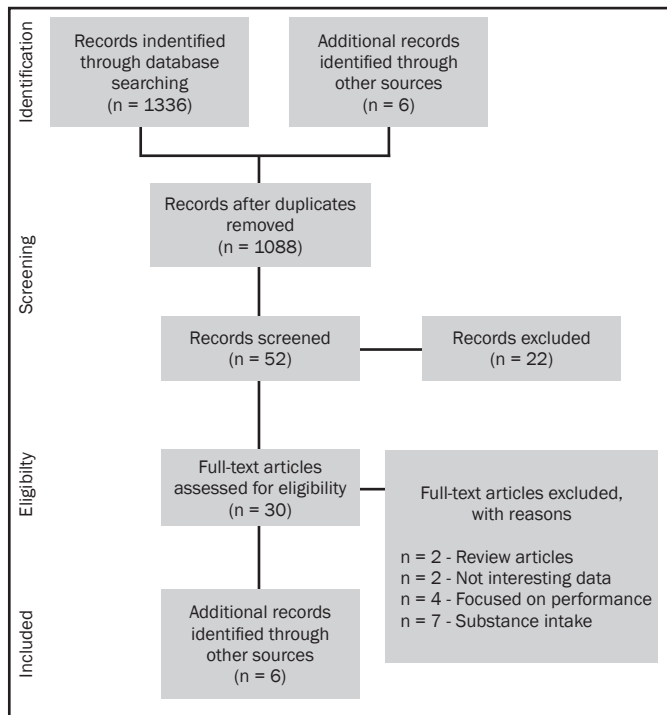
Table 1 shows an overview of articles included in the qualitative synthesis, showing the number of participants, age, exposure time to HC and its temperature and outcome measurements for each article.

A total of 333 runners (295 males and 38 females) were evaluated in the 15 articles included in the qualitative analysis once selection process concluded.

Discussion

Exposure to high ambient temperatures, reaching values of 40 °C in core temperature can induce heat stroke³⁹. This consequence can be

Figure 1. Flow chart showing the search method.



n: number of articles.

due to a high intensity exercise⁴⁰. Aerobic fitness adaptations, related to heat dissipation, are not necessarily associated to a less health risks about body temperature¹². Otherwise, fluid intake is an effective form to maintain lower levels of body temperature, mostly in aerobically trained athletes⁴¹, also heat acclimation produces significant reductions in body temperature⁴². After 107.12 ± 8.85 min of exercise in HC, it was found a body temperature (BT) of $39.6 \pm 0.6^\circ\text{C}$ ²⁹, $40.1 \pm 0.3^\circ\text{C}$ after 58.8 ± 3.3 min and $39.8 \pm 0.4^\circ\text{C}$ after 59.7 ± 2.0 min of self-paced exercise. These values were significantly higher than self-paced exercise in NC³². $39.2 \pm 0.1^\circ\text{C}$ was the temperature reached during race-walking in HC at $10.9 \text{ Km}\cdot\text{h}^{-1}$ for 60 min, being $38.4 \pm 0.1^\circ\text{C}$ when running at the same velocity and time, but this difference were not noticeable at skin level²⁸. The increase in BT after a 30 minutes self-paced run went from $37.42 \pm 0.28^\circ\text{C}$ to $39.20 \pm 0.12^\circ\text{C}$ for men while for women in follicular phase it ranged from $37.42 \pm 0.28^\circ\text{C}$ to $39.30 \pm 0.10^\circ\text{C}$ and from 37.7°C to $39.20 \pm 0.01^\circ\text{C}$ in luteal phase³⁶. At 80% and 100% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ intensity in cycle exercise, higher BT than CC was observed in HC³¹. Increases of $0.13 \pm 0.03^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ for HC and $0.06 \pm 0.03^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ for CC were detected at 80% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ intensity until exhaustion, considering that the time to exhaustion was approximately twice longer for CC³¹. The increases at the same conditions for a 100% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ intensity were $0.22 \pm 0.05^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ for HC and $0.13 \pm 0.03^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ for CC. At 70% of peak treadmill running speed, BT was higher for HC at 30 minutes after the start of the exercise when comparing with NC, the same difference appeared during a maximum intensity run²⁷. In the same study, it was observed how the skin temperature stays always significantly higher when practicing the same exercise in HC than in NC²⁷. In fact, during exercise in NC, skin temperature tends to decrease (from 30.5 ± 0.1 to $25.8 \pm 0.1^\circ\text{C}$), while

in HC the skin temperature remains between $33.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ and $34.1 \pm 0.2^\circ\text{C}$. At 75% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ intensity of 30 minutes running, BT was significantly higher for HC than NC²⁵. Higher values for BT occurs in the first 45 minutes for HC than NC when cycling at 55% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ remaining these values until the end of the 75 minutes exercise³³. Comparing HC with CC, significant differences in BT were determined only in the first 30 minutes of cycle activity at a 65% of max power (W_{max}), but higher and significant differences were determined appear in skin temperature values from the beginning until the end of the exercise (40 minutes)³⁴. Cycling at 65% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ in HC produced significant increases in BT during all the exercise time, being higher when practicing in the evening than in the morning, where similar results were also observed in skin temperature values³⁷. A comparison between HC and NC was conducted by Lafrenz *et al.*,³⁸ identifying significant higher values in body and skin temperature for HC in both submaximal and maximal intensity exercises.

After an 80% and 100% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ intensity during cycling exercise higher blood pH under HC than CC was observed, a difference that remained along the recovery time at 80% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ ³¹. There were not significant lactate concentration differences between HC and CC after cycling exercise until exhaustion at 80% of $\text{VO}_{2\text{max}}$ intensity³¹. However, at a 65% of W_{max} significant differences in lactate concentrations were observed in the first 20 and 40 minutes of cycling when comparing between the same conditions³⁴. Additionally, differences in lactate concentration were found after 60 minutes of race-walking and running at same $\text{VO}_{2\text{max}}$ percentage, but not when running at same speed in HC²⁸. In the present study, there were not differences in plasma volume after any of these trials. After a 30 minutes of 70% of peak treadmill running speed, urate were higher for HC when comparing with NC²⁷. After running at maximum effort, there were also higher values for plasma ammonia concentrations in HC, but lower values in lactate concentrations²⁷. Anyway, the difference between pre-exercise urate concentrations in these three variables compared to those observed after running at maximum effort showed significant increases. Furthermore, there were not any significant differences in plasma volume and lactate in submaximal cycling exercise when comparing HC to NC, observing same results for plasma volume in maximal intensity, but lower values in plasma lactate in HC comparing with NC³⁸.

According to the research about immune system, at the end of 78 minutes of a self-paced race⁶, there were significant increases of total leucocytes number (from $5.52 \times 10^3 \pm 0.2 \times 10^3$ cell/ μL to $9.31 \times 10^3 \pm 2.4 \times 10^3$ cell/ μL), neutrophils (from $2.90 \times 10^3 \pm 0.6 \times 10^3$ cell/ μL to $7.64 \times 10^3 \pm 3.4 \times 10^3$ cell/ μL) and hematocrit percentage (from 43.16 ± 3.0 to 46.68 ± 3.2). At the same time, there were significant decreases in lymphocytes (from $1.67 \times 10^3 \pm 0.3 \times 10^3$ cell/ μL to $1.34 \times 10^3 \pm 0.3 \times 10^3$ cell/ μL) and eosinophil ($0.36 \times 10^3 \pm 0.2 \times 10^3$ cell/ μL to $0.22 \times 10^3 \pm 0.1 \times 10^3$ cell/ μL). Data obtained after a mean time of 107.12 ± 8.85 min of self-paced running in HC, revealed that leucocyte count and plasma Lipopolysaccharides increased by 66.2% and 31.6% respectively, as well as granulocyte, which increased from $4.1 \times 10^9 \pm 1.0 \times 10^9/\text{L}$ to $9.0 \pm 3.2 \times 10^9/\text{L}$. Same authors²⁹ also observed a significant increase in cytokines (IL-6, IL-10 and IL-1ra) after a running competition. On the other hand, lymphocyte count decreased 25% after running activity. In addition, no significant changes before and after the race in TNF- α and IL-1 β were identified²⁹. After a Marathon race with a mean time of 229 ± 38 minutes in HC, increases

Table 1. Overview of articles included in the review.

Author	N	Age (years)	Exposure time (minutes)	Outcome measures	T (°C)
Al-Nawaiesh, et al. (2013) ²⁶	10 M	17.75±0.68	5, 10, 15, 20, 25 and 30	Body Temperature, Glycaemia, Rating of Perceived Exertion, Blood Pressure, HR, Sodium and Potassium	40
Del Coso, et al. (2013) ²⁷	114M 24F	39±8	229	Leg power, Body Mass, Urine Haematites, Leukocytes, Proteins, Ketones, Myoglobin and Bilirubin.	28
Marino, et al. (2001) ²⁸	9M	25 ± 1	31,3 ± 1,2	Body Temperature, Skin Temperature, Heart Rate, Plasma Lactate and Ammonium, Respiratory Exchange Ratio.	35
Mora-Rodríguez, Ortega and Hamouti (2011) ²⁹	4M 5F	22 ± 5	8, 15, 25, 30, 40, 45, 55 and 60	Oxygen Consumption, Body Temperature, Skin Temperature, Heart Rate, Rate of Perceived Exertion, Sweat Rate, Plasma Lactate.	30
Ng, et al. (2008) ³⁰	32 M	25.0 ± 3.2	107,12 ± 8,85	Leukocyte, Lipopolysaccharides and Cytokines, Body Temperature and Heart Rate.	27
Lim, et al. (2009) ³¹	18 M (2G)	33.8 ± 7.1 33.0 ± 7.0	Until reaching 39.5°C of BT	Lipopolysaccharides, Body Temperature, Cytokines, Ant-LPS Antibodies (IgG and IgM), Heart Rate, Sweat Rate.	35
Mitchell, et al. (2014) ³²	11 M	32.6 ± 4.4	To exhaustion	Oxygen consumption, Heart rate, Ventilation, Body Temperature, Blood PH, Plasma Lactate.	37
Silva-Filho, et al. (2016) ⁷	14 M	41 ± 10	78	Body Mass, Hematocrit, Leukocyte, Neutrophils, Lymphocyte, Monocyte, Basophils, Eosinophil and Monocytes.	38,75
Viveiros, et al. (2012) ³³	7 M 7 M	54 ± 2 28 ± 1	58,8 59,7	Oxygen consumption, Heart Rate, Body Temperature and Sweat rate.	40
Mitchell, et al. (2002) ³⁴	10 M	24.7 ± 6.6	75	Body Temperature, Heart Rate, Glucose, Cortisol, Neutrophil, Lymphocyte and Leukocyte,	38
Romer, et al. (2003) ³⁵	7M	21.7 ± 0.8	2, 30 and 60	Body Temperature, Skin Temperature, Plasma Lactate, Heart Rate and Rate of Perceived Exertion	35
Luk, et al. (2016) ³⁶	28M 4F	49 ± 8 42 ± 12	384 ± 60	Leukocytes, Neutrophils, Monocytes and Lymphocytes	35.3 ± 5.0
Wright, et al. (2002) ³⁷	5M 5F	20.6 ± 0.8 25.0 ± 1.6	21.7 ± 1.75 20.6 ± 0.87	Body Temperature, Heart Rate, Rate of Perceived Exertion and Sweat Rate.	30
Hobson, et al. (2008) ³⁸	9M	24 ± 2	45.8 ± 10.7 40.5 ± 9.0	Body Temperature, Skin Temperature, Heart Rate, Plasma Volume, Sweat Electrolytes and Rate of perceived exertion.	35
Lafrenz, et al. (2008) ³⁹	10M	23 ± 3	15 and 45	Oxygen consumption, Plasma Lactate and Volume, Heart Rate, Body Temperature, Skin Temperature, Rate of perceived Exertion.	35

M: Male; F: Female; 2G: Two different groups; DS: Different samples

were found for hematite, leukocytes, proteins, ketones and bilirubin values through urine concentration analysis, not finding significant values in post-race pH concentrations and specific gravity²⁶. Romer, Bridge, McConell & Jones³⁴ investigated immune cells function in HC observing significant increases of 134% in total leukocytes, 319% in neutrophils, 24% in monocytes and 53% in lymphocytes after a self-paced cycle race. A running activity in HC at 70% of VO_{2max} until reaching volitional status or a BT of 39.5°C was conducted to examine blood markers by Lim et al.³⁰. There were increases of 71% and 92% on plasma lipopolysaccharides concentration in two different groups. Additionally, these authors³⁰ did not find significant differences between pre-exercise and post-exercise in anti-LPS IgG antibodies concentrations. Similar results

were found for anti-LPS IgM antibodies concentration, except for the significant increase identified between pre-exercise and 90 minutes post-exercise rest in this anti-LPS antibodies concentration. Regarding cytokines concentration, no differences between pre- and post-exercise in TNF- α and IL-1 β , were detected whereas, on the contrary, increases in both IL-6 and IL-10 concentrations between pre- and post-exercise and between pre-exercise and 90 minutes post-exercise in both groups were determined³⁰. Greater loss of plasma volume in HC than NC and also higher number of circulating lymphocyte (CD3, CD4 and CD8), leukocyte and neutrophil number at the end of exercise occurred when cycling at a 55% of VO_{2max} maintaining these differences in leukocyte and neutrophil cells two hours after the exercise³³.

When HC and NC were compared, a significant difference in blood sugar was detected in the first 5 minutes of exercise at 75% of VO_{2max} that was maintained until the end of the activity (30 minutes)²⁵. Similar results were observed after 75 minutes of cycling exercise in blood sugar and cortisol at a 55% of VO_{2max} ³³. In HC, sodium concentration was significantly higher after 5, 10 and 15 minutes, but lower after 20 and 25 minutes of exercise than in NC, not being significantly different after 30 minutes of exercise²⁵. No significant differences were identified in sodium concentrations after 45 minutes in HC of cycling at 65 of VO_{2max} but these differences were determined, instead, in potassium and chloride concentrations³⁷.

During exercise in the heat, body mass loss can induce an increase of HR⁴³. Variables as HR variability decay faster than other adaptations like BT after heat acclimation during non-exposure to heat⁴². During exercise at 75% of VO_{2max} , HR significantly increases every 5 minutes in both HC and NC, observing a significant differences between both conditions at 10 and 15 minutes²⁵. At 70% of peak treadmill running speed, heart rate was observed to be higher for HC from the first 10 minutes until the end of the run (30 minutes) when comparing with NC, observing similar results in the first 10 minutes during running at maximum effort²⁷. After 60 minutes of 90% of self-paced running speed exercise, there were significant differences between NC and HC in HR values in young (28 ± 1 years), and middle-aged adults (54 ± 2 years)³². Significant higher values were identified in HR in 60 minutes of race-walking at $10.9 \text{ Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in HC than running at the same conditions of velocity and time²⁸. No significant differences were found between HC and CC at 80% and 100% of VO_{2max} in HR in cycling exercise³¹. Significant differences were observed in HR in the first 15 minutes when exercising at 75% of VO_{2max} that remain until the end of the 75 minutes activity, same differences from the first 10 minutes until the end of exercise (40 minutes) when comparing HC and CC at a 65% of W_{max} ³⁴. Cycling in HC at 65 of VO_{2max} produces significant increases of HR during the entire exercise time, being higher when practicing in the evening than in the morning³⁷. When cycling at submaximal intensities, HR was affected by temperature, since higher values for HC than NC were observed. However, this difference was not determined at maximal intensity³⁸.

While in trained subjects, blood pressure values return to baseline, hypotension status appears post-exercise in trained athletes in HC⁴⁴. Diastolic blood pressure increases with decreases of environmental temperature among elderly men⁴⁵. Diastolic blood pressure was lower in HC than NC after 5, 10 and 15 minutes of exercise at 75% of VO_{2max} not being significantly different after the first 20 minutes²⁵. Systolic blood pressure (SBP) was also higher in NC during the first 5, 10 and 15 minutes while after 20, 25 and 30 minutes of exercise higher values for SBP in HC were detected²⁵. In submaximal intensity cycling exercise, there were not significant differences in mean arterial pressure when comparing HC with NC³⁸.

During cycling at 80% and 100% of VO_{2max} intensity, higher levels of ventilation in HC than CC at the exhaustion time were determined ($148.74 \pm 20.88 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ and $127.81 \pm 15.75 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ for 80% of VO_{2max} and $164.29 \pm 12.92 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ and $151.59 \pm 17.39 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ for 100% of VO_{2max} in HC and CC respectively)³¹. This difference were not observed when performing at 65% of VO_{2max} cycling intensity³⁸.

Respiratory exchange ratios (R) were significantly higher under HC than NC at 70% of peak treadmill running speed. In HC R value was always close to 1 (1.0 ± 0.01 for the first 10 minutes; 0.99 ± 0.01 for 20 minutes; and 0.99 ± 0.01 for 30 minutes), while at the same intensity in lower values were determined (0.96 ± 0.01 at 10 min; 0.95 ± 0.02 for 20 min; and 0.93 ± 0.02 for 30 min)²⁷. There were no significant differences among VO_2 parameters. In addition, significant differences were not found in R when comparing HC (0.97 ± 0.03) with NC (1.05 ± 0.04) at maximal cycling exercise³⁸.

Comparing a 60 min self-paced run in HC with 50 min in NC, $VO_{2Ab-solute}$ and VO_{2max} were significantly higher in young and middle-aged runners³². $VO_{2Absolute}$ values were also significantly higher for submaximal cycling exercise in HC comparing with NC, but lower for $VO_{2Absolute}$ and VO_{2max} at maximum effort³⁸.

Although body mass tends to fall during endurance exercise, it is not related to decreases in performance or health troubles⁴⁶⁻⁴⁹. At the end of 78 minutes of a self-paced race in HC, a reduction of BM of 3,48% occurred⁶. Similarly, after a marathon race, a loss of $2.22 \pm 1.2\%$ of BW was identified when comparing to pre-race values, registering decreasing values up to 6%²⁶.

Regarding sweat rate, it was observed higher values when practicing exercise in HC than in NC, in both self-paced and 90% of self-paced running intensity. This results were in agreement with those observed for young and middle-aged adults³². Lim *et al.*³⁰ described a sweat rate of $2.56 \pm 0.52 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ and $2.40 \pm 0.48 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ when running at 70% of VO_{2max} . Sweat rate was significantly greater for men than for women in HC after 30 minutes of self-paced exercise³⁶.

No significant differences were found in RPE in HC before and after heat acclimation⁵⁰. Four studies reported RPE values in HC^{25,27,34,38}. There were significantly higher values for RPE in HC than NC and CC when running at 75% of VO_{2max} at 5, 10, 20 and 25 minutes of exercise²⁵. Similar results were observed at 70% of VO_{2max} while running, also observing these values at maximum intensity run²⁷ and at a 65% of W_{max} cycle³⁴. Furthermore, RPE was significantly higher in HC at submaximal cycling intensity, but not significantly different at maximal intensity³⁸.

Conclusions

Practicing exercise in hot conditions, produces higher values in body temperature than in normal or in cold conditions. Absolute values after exercise typically reach 39.5°C , which means that physical activity in hot conditions induces hyperthermia. Thus, we observed that hyperthermia may occur independently of exercise intensity in hot conditions. It has been observed that skin temperature is always higher in hot conditions when comparing to normal and cold conditions, even in normal and cold conditions skin temperature can be reduced during exercise. Therefore, we conclude that an uncontrolled long-term activity in hot conditions may induce health problems related to high body and skin temperatures. Cooling strategies should be assessed after continuous exercise under hot conditions.

It has been observed that plasma lactate does not tend to be higher when the exercise is under hot conditions after identifying higher concentrations in normal conditions. Plasma volume was not affected by

different temperatures. Conversely, urate and ammonia concentrations appear to be higher in hot conditions than in normal conditions. The main finding of the current review was the values attributed to immune functions. Although sometimes lymphocyte cell number tends to fall instead of increase, exercise in hot conditions typically produces great increases in cell counts. Findings on blood sugar support the meaningful increases after the exercise in hot conditions, even comparing with normal conditions.

As for heart rate, higher values in hot than in normal conditions are observed. This fact must be taken into consideration during endurance training in a hotter ambient than 27°C if the intensity of exercise are proposed in function of percentages of maximal heart rate. It could be interesting to study how high temperatures during exercise affect to those that intake beta-blockers drugs. Similarly, in Sports Science there were few studies to conclude how temperature affects blood pressure during exercise

Although there were not many articles that investigated the effects of heat on breathing variables. Ventilation, respiratory exchange ratios and oxygen consumption present greater values in hot conditions than in normal conditions when practicing exercise.

Finally, similar results for rate of perceived exertion during exercise when comparing heat to normal conditions. We conclude that RPE is always higher for hot conditions. Thus, these findings might be interesting for those whose training programs are based on subjective effort, knowing that at same intensity greater effort is demanded when practicing in higher temperatures.

Conflict of interest

The authors do not declare a any conflict of interest.

Bibliography

1. Junior LCH, Pillay JD, van Mechelen W, Verhagen E. Meta-analyses of the effects of habitual running on indices of health in physically inactive adults. *Sports Med*. 2015; 45(10):1455-68.
2. Burdon CA, O'Connor HT, Gifford JA, Shirreffs SM. Influence of beverage temperature on exercise performance in the heat: a systematic review. *Int J Sport Nutr*. 2010;20(2):166-74.
3. Crandall C, González-Alonso J. Cardiovascular function in the heat-stressed human. *Acta Physiol*. 2010;199(4):407-23.
4. Galloway SD, Maughan RJ. The effects of substrate and fluid provision on thermoregulatory and metabolic responses to prolonged exercise in a hot environment. *J Sport Sci*. 2000;18(5):339-51.
5. Marom T, Itskoviz D, Lavon H, Ostfeld I. Acute care for exercise-induced hyperthermia to avoid adverse outcome from exertional heat stroke. *J Sport Rehabil*. 2011;20(2):219-27.
6. Silva-Filho AC, Dias CJ, Costa HA, Mostarda CT, Navarro F, Sevilho Jr M. Race in a hot environment changes the leukocyte profile in healthy trained subjects. *Sci Med*. 2016; 26(1):1-7.
7. Maughan RJ. Distance running in hot environments: a thermal challenge to the elite runner. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20 suppl 3:95-102.
8. Vihma T. Effects of weather on the performance of marathon runners. *Int J Biometeorol*. 2010;54(3):297-306.
9. Lee JK, Nio AQ, Lim CL, Teo EY, Byrne C. Thermoregulation, pacing and fluid balance during mass participation distance running in a warm and humid environment. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(5):887-98.
10. Nybo L, Jensen T, Nielsen B, González-Alonso J. Effects of marked hyperthermia with and without dehydration on Vo2 kinetics during intense exercise. *J Appl Physiol*. 2001;90(3):1057-64.
11. Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hlydigi T, Nielsen B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol*. 1999;86(3):1032-9.
12. Mora-Rodríguez R, Del Coso J, Hamouti N, Esteve E, Ortega JF. Aerobically trained individuals have greater increases in rectal temperature than untrained ones during exercise in the heat at similar relative intensities. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(5):973-81.
13. Sawka MN, Leon LR, Montain SJ, Sanna LA. Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Compr Physiol*. 2011;1(4):1883-928.
14. Baillot M, Le Bris S, Hue O. Fluid replacement strategy during a 27-Km trail run in hot and humid conditions. *Int J Sports Med*. 2014;35(2):147-52.
15. Ayus JC, Varon J, Arieff AI. Hyponatremia, cerebral edema, and noncardiogenic pulmonary edema in marathon runners. *Ann Intern Med*. 2000;132(9):711-4.
16. Murray B, Eichner ER. Hyponatremia of exercise. *Curr Sport Med Rep*. 2004;3(3):117-8.
17. O'Brien KK, Montain SJ, Corr WP, Sawka MN, Knapiak JJ, Craig SC. Hyponatremia associated with overhydration in US Army trainees. *Mil Med*. 2001;166(5):405-10.
18. Fink WJ, Costill DL, Van Handel PJ. Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1975;34(3):183-90.
19. King DS, Costill DL, Fink WJ, Hargreaves M, Fielding RA. Muscle metabolism during exercise in the heat in unacclimatized and acclimatized humans. *J Appl Physiol*. 1985;59(5):1350-4.
20. Kaldur T, Kals J, Ööpik V, Burk A, Kampus P, Zagura M, et al. Heat acclimation increases arterial elasticity in young men. *Appl Physiol Nutr Me*. 2013;38(9):922-7.
21. Chen T-I, Tsai P-H, Lin J-H, Lee N-Y, Liang MT. Effect of short-term heat acclimation on endurance time and skin blood flow in trained athletes. *J Sports Med*. 2013;4:161-70.
22. Hayward MG, Keatinge WR. Roles of subcutaneous fat and thermoregulatory reflexes in determining ability to stabilize body temperature in water. *J Physiol*. 1981;320:229-51.
23. Baillot M, Hue O. Hydration and Thermoregulation during a Half-Ironman Performed in Tropical Climate. *J Sport Sci Med*. 2015;14(2):263-8.
24. Mora-Rodríguez R, Del Coso J, Esteve E. Thermoregulatory Responses to Constant versus Variable-Intensity Exercise in the Heat. *Med Sci Sport Exerc*. 2008;40(11):1945-52.
25. Al-Nawaiseh A, Batayneh M, Al Nawayseh AH, Alsud H. Physiological responses of distance runners during normal and warm conditions. *J Exerc Physiol*. 2013;16(2):1-11.
26. Del Coso J, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Gonzalez-Millan C, Garde S, Vega P, et al. Influence of body mass loss and myoglobinuria on the development of muscle fatigue after a marathon in a warm environment. *Appl Physiol Nutr Me*. 2013;38(3):286-91.
27. Marino FE, Mbambo Z, Kortekaas E, Wilson G, Lambert MI, Noakes TD, et al. Influence of ambient temperature on plasma ammonia and lactate accumulation during prolonged submaximal and self-paced running. *Eur J Appl Physiol*. 2001;86(1):71-8.
28. Mora-Rodríguez R, Ortega JF, Hamouti N. In a hot-dry environment racewalking increases the risk of hyperthermia in comparison to when running at a similar velocity. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(6):1073-80.
29. Ng QY, Lee KW, Byrne C, Ho TF, Lim CL. Plasma endotoxin and immune responses during a 21-km road race under a warm and humid environment. *Ann Acad Med Singap*. 2008;37(4):307-14.
30. Lim CL, Pyne D, Horn P, Kalz A, Saunders P, Peake J, et al. The effects of increased endurance training load on biomarkers of heat intolerance during intense exercise in the heat. *Appl Physiol Nutr Me*. 2009;34(4):616-24.
31. Mitchell JB, Rogers MM, Basset JT, Hubing KA. Fatigue during high-intensity endurance exercise: The interaction between metabolic factors and thermal stress. *J Strength Cond Res*. 2014;28(7):1906-14.
32. de Paula Viveiros J, Amorim FT, Alves MN, Passos RL, Meyer F. Run performance of middle-aged and young adult runners in the heat. *Int J Sports Med*. 2012;33(3):211-7.
33. Mitchell JB, Dugas JP, McFarlin BK, Nelson MJ. Effect of exercise, heat stress, and hydration on immune cell number and function. *Med Sci Sport Exerc*. 2002;34(12):1941-50.
34. Romer LM, Bridge MW, McConnell AK, Jones DA. Influence of environmental temperature on exercise-induced inspiratory muscle fatigue. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(5-6):656-63.
35. Luk HY, McKenzie AL, Duplanty AA, Budnar RG, Levitt D, Fernandez A, et al. Leukocyte Subset Changes in Response to a 164-km Road Cycle Ride in a Hot Environment. *Int J Exerc Sci*. 2016;9(1):34-46.
36. Wright A, Marino FE, Kay D, Micalos P, Fanning C, Cannon J, et al. Influence of lean body mass on performance differences of male and female distance runners in warm, humid environments. *Am J Phys Anthropol*. 2002;118(3):285-91.
37. Hobson RM, Clapp EL, Watson P, Maughan RJ. Exercise Capacity in the Heat is Greater in the Morning than in the Evening in Man. *Med Sci Sport Exerc*. 2009;41(1):174-80.

38. Lafrenz AJ, Wingo JE, Ganio MS, Cureton KJ. Effect of ambient temperature on cardiovascular drift and maximal oxygen uptake. *Med Sci Sport Exerc.* 2008;40(6):1065-71.
39. Bouchama A, Knochel JP. Heat stroke. *New Engl J Med.* 2002;346(25):1978-88.
40. Sagui E, Montigon C, Abriat A, Jouvion A, Duron-Martinaud S, Canini F, *et al.* Is there a link between exertional heat stroke and susceptibility to malignant hyperthermia? *PloS one.* 2015;10(8):e0135496.
41. Mora-Rodriguez R, Hamouti N, Del Coso J, Ortega JF. Fluid ingestion is more effective in preventing hyperthermia in aerobically trained than untrained individuals during exercise in the heat. *Appl Physiol Nutr Me.* 2012;38(999):73-80.
42. Flouris AD, Poirier MP, Bravi A, Wright-Beatty HE, Herry C, Seely AJ, *et al.* Changes in heart rate variability during the induction and decay of heat acclimation. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(10):2119-28.
43. Adams WM, Ferraro EM, Huggins RA, Casa DJ. Influence of body mass loss on changes in heart rate during exercise in the heat: a systematic review. *J Strength Cond Res.* 2014;28(8):2380-9.
44. Gagnon D, Lynn AG, Binder K, Boushel RC, Kenny GP. Mean arterial pressure following prolonged exercise in the heat: Influence of training status and fluid replacement. *Scand J Med Sci Spor.* 2012;22(5):e99-e107.
45. Halonen JI, Zanobetti A, Sparrow D, Vokonas PS, Schwartz J. Relationship between outdoor temperature and blood pressure. *Occup Environ Med.* 2011;68(4):296-301.
46. Del Coso J, Gonzalez-Millan C, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Soriano L, Garde S, *et al.* Muscle damage and its relationship with muscle fatigue during a half-iron triathlon. *PLoS One.* 2012;7(8):e43280.
47. Laursen PB, Suriano R, Quod MJ, Lee H, Abbiss CR, Nosaka K, *et al.* Core temperature and hydration status during an Ironman triathlon. *Brit J Sport Med.* 2006;40(4):320-5.
48. Sharwood K, Collins M, Goedecke J, Wilson G, Noakes T. Weight changes, sodium levels, and performance in the South African Ironman Triathlon. *Clin J Sport Med.* 2002;12(6):391-9.
49. Sharwood K, Collins M, Goedecke J, Wilson G, Noakes T. Weight changes, medical complications, and performance during an Ironman triathlon. *Brit J Sport Med.* 2004;38(6):718-24.
50. Costa RJ, Crockford MJ, Moore JP, Walsh NP. Heat acclimation responses of an ultra-endurance running group preparing for hot desert-based competition. *Eur J Sport Sci.* 2014;14 (S1):S131-41.



LA PREPARACIÓN FÍSICA PARA EL JUDO

Por: Aurélien Broussal-Derval
 Edita: Ediciones Tutor. Editorial El Drac.
 Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.
 Telf.: 915 599 832 - Fax: 915 410 235
 E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com
 Madrid 2019. 272 páginas. P.V.P.: 39,95 euros

Todo judoca que quiera progresar debería realizar una buena preparación física, tanto preventiva como para el rendimiento, sobre todo mediante ejercicios que deben ser específicos o, incluso estar integrados en su entrenamiento habitual. Este libro es el fruto de muchos años de trabajo y experiencia como judoca de su autor. Éste, de forma

didáctica y clara, explica las técnicas de preparación física y la forma de integrarlas en el entrenamiento.

Trata todos los aspectos fundamentales: fortalecimiento muscular específico, planificación, resistencia específica y, prevención y recuperación. Es una obra de referencia en el mundo del judo y los deportes de combate,

escrita por un especialista en la materia, con la participación de atletas de talla mundial. Incluye numerosos ejercicios y pruebas con y sin material adicional. Una lectura accesible tanto para el practicante debutante como para el cinturón negro con experiencia que utiliza muchas situaciones que se dan en los entrenamientos.



KAYAK DE RESCATE

Por: Daniel J. Aragón
 Edita: Ediciones Tutor. Editorial El Drac.
 Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.
 Telf.: 915 599 832 - Fax: 915 410 235
 E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com
 Madrid 2019. 144 páginas. P.V.P.: 25 euros

Cada vez es más habitual ver a socorristas utilizando el kayak en sus jornadas de vigilancia en playas. Por su versatilidad y seguridad para estos fines, el llamado kayak autovaciable (*sit on top*) es el protagonista de este manual. El libro, con más de 120 fotografías, detalla las posibilidades de uso del kayak autovaciable para tareas

de prevención, rescate y salvamento en playas.

En sus 144 páginas profusamente ilustradas y a color, incluye: la elección del kayak adecuado; las técnicas básicas de formación en piragüismo; el análisis de las técnicas de rescate; los protocolos de actuación con víctimas activas y pasivas; el conocimiento del medio; el

programa formativo para socorristas acuáticos; y el mantenimiento, cuidados y reparación del kayak. Además, las técnicas descritas en este manual servirán para mejorar la seguridad de pescadores que usan el kayak y la de kayakistas de recreo o aventura que en sus salidas pueden verse sorprendidos por una situación de emergencia.



VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL DEPORTISTA EN EL LABORATORIO

Por: José Naranjo Orellana, Alfredo Santalla Hernández, Pedro Manonelles Marqueta
 Edita: Esmon Publicidad. S.A.
 Balmes 206, 3º 2ª. 08006 Barcelona
 Telf.: 932159034 - E-mail: redaccion@esmon.es
 Barcelona, 2013. 560 páginas. P.V.P.: 70 euros

El rendimiento deportivo es el resultado de la interacción del entrenamiento y de factores genéticos. Potenciar al máximo la capacidad y las cualidades del deportista a través del entrenamiento posibilita al éste a alcanzar el éxito en la competición. La valoración funcional es una especialización científica, enmarcada en el

contexto multidisciplinar de las ciencias aplicadas al deporte, que abarca sistemas y técnicas basadas en la fisiología, la medicina del deporte, la ergometría, la biomecánica, la antropometría, la bioquímica y otras áreas de investigación; y, está muy vinculada al proceso global del entrenamiento físico y al rendimiento deportivo.

La obra se estructura en siete capítulos: Introducción; Valoración muscular; Valoración del metabolismo anaeróbico; Valoración del metabolismo aeróbico; Valoración cardiovascular; Valoración respiratoria; Supuestos prácticos.

VIII JORNADAS NACIONALES DE MEDICINA DEL DEPORTE

MEDICINA DEL BALONCESTO

22-23 DE NOVIEMBRE DE 2019



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE (SEMED)
REGIDORÍA D'ESPORTS / AJUNTAMENT DE REUS

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente:	Pedro Manonelles Marqueta
Vicepresidente y Pte Comité Organizador local:	Luis Franco Bonafonte
Secretario General:	Francisco Javier Rubio Pérez
Tesorero:	Javier Pérez Ansón
Vocales:	Daniel Brotons Cuixart Antoni Castro Salomó Juan N. García-Nieto Portabella Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea Mateu Huguet Recasens José Fernando Jiménez Díaz Carlos Miñarro García María Pilar Oyón Belaza Salvadó Sarrá Moretó Paola Ugarte Peyrón

COMITÉ CIENTÍFICO

Presidente:	Miguel Del Valle Soto
Secretario:	Oriol Abellan Aynés
Vocales:	Gonzalo Correa González Carlos De Teresa Galván Emilio Luengo Fernández Lluís Masana Marín Zigor Montalvo Zenarruzabeitia Manuel Montero Jaime José Naranjo Orellana Eduardo Ortega Rincón Jordi Salas Salvado Ángel Sánchez Ramos José Luis Terreros Blanco

PROGRAMA CIENTÍFICO (PRELIMINAR)

DÍA 22 DE NOVIEMBRE, VIERNES

- 09.00-10.30 PONENCIA: La Medicina del Deporte en el Baloncesto.**
Moderador: **Francisco Javier Rubio Pérez**
Baloncesto femenino. **Silvia Treviño Monjas**
Organización y control médico en Selecciones Españolas. **Pilar Doñoro Cuevas**
Baloncesto en la discapacidad – baloncesto en silla de ruedas. **Josep Oriol Martínez Ferrer**
- 11.00 -12.30 PONENCIA: Lesiones y Baloncesto**
Moderador: **Alfredo Rodríguez Gangoso**
La rodilla. **Jaume Perramon Llavina**
El tobillo. **Cristóbal Rodríguez Hernández**
Músculo y tendón. **Javier Valle López**
- 12.30 -13.30 CONFERENCIA INAUGURAL**
Presentación: **Luis Franco Bonafonte**
La historia del dopaje en el deporte olímpico
Eduardo Henrique De Rose
- 15.30 -17.00 PONENCIA: Muerte Súbita y Deporte**
Moderador: **J. María Alegret Colomé**
Recomendaciones sobre participación deportiva en la cardiopatía isquémica. **Mats Borjesson**
El electrocardiograma en la prevención de la muerte súbita del deportista. **Gonzalo Grazioli**
Arritmias y muerte súbita del deportista.
Xavier Viñolas Prat
- 17.30 -19.00 TALLER**
Electrocardiograma en deportistas.
Emilio Luengo Fernández

DÍA 23 DE NOVIEMBRE, SÁBADO

- 10.00 -11.30 PONENCIA: Controversias: Nutrición - Ayudas Ergogénicas. Los mitos de la alimentación en el deporte.**
Moderador: **Mónica Bulló**
¿Influye el tipo de dieta en la microbiota y el rendimiento deportivo?
Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea
Dietas detox y antioxidantes alimentarios en la práctica deportiva. **Nuria Rosique**
Ayudas ergogénicas, realidad o mito.
Begoña Manuz González
- 12.00 – 13.00 PONENCIA: Manejo del dolor en Medicina del Deporte.**
Moderador: **Isabel Tello Galindo**
Bloqueos nerviosos en lesiones del aparato locomotor en Medicina del Deporte.
Eduardo Marco Sánchez
Distrofia Simpático Refleja y Lumbalgia – Síndrome facetario en deportistas. ¿Qué ofrece la Unidad de Dolor? **Guillem Bujosa Portells**
- 13.00 -13.45 CONFERENCIA DE CLAUSURA**
Presentación: **Pedro Manonelles Marqueta**
Actualización en dopaje. **José Luis Terreros Blanco**

COMUNICACIONES CIENTIFICAS

El Comité Científico invita a todos los participantes a remitir comunicaciones científicas (comunicaciones orales y póster-presentación interactiva) a las VIII Jornadas Nacionales de la Sociedad Española de Medicina del Deporte.

Temas para presentación de Comunicaciones Científicas:

- Medicina del deporte.
- Entrenamiento y mejora del rendimiento.
- Biomecánica.
- Cardiología del deporte.
- Fisiología del esfuerzo.
- Nutrición y ayudas ergogénicas.
- Cineantropometría.
- Lesiones deportivas: diagnóstico, prevención y tratamiento.
- Actividad física y salud.

INFORMACIÓN GENERAL

22-23 de noviembre de 2019

Lugar

Auditorio y aulas
Hospital Universitari Sant Joan de Reus
Av. del Dr. Josep Laporte, 1
43204 – Reus (Tarragona)
Tfno: 977310300
Unidad de Medicina del Deporte.
Tfno: 977308305
Fax: 977337753
Correo electrónico: lfranco@grupsagessa.com
Localización del hospital: <http://www.hospitalsantjoan.cat/contacteu/>

Secretaría Científica

Sociedad Española de Medicina del Deporte
Dirección: Apartado de correos 1207. 31080 Pamplona
Teléfono: +34 948 26 77 06
Fax: +34 948 17 14 31
Correo electrónico: congresos@femede.es
<http://www.femede.es/page.php?/interno/OtrasActividades>

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@viajeseci.es
Personas de contacto: Silvia Herreros



Derechos de inscripción	Antes del 18-7-2019	Del 18-7-2019 al 19-9-2019	Desde 27-9-19 y en sede Jornadas
Cuota general	125 euros	150 euros	200 euros
Miembros ARAMEDE/ FEMEDE	100 euros	125 euros	175 euros
Médicos MIR*	60 euros	75 euros	125 euros
Estudiantes**	30 euros	30 euros	30 euros

*Es necesaria acreditación.

**Grados, Licenciaturas y Diplomaturas: Medicina, CC Actividad Física y Deporte, CC de la Salud...). Es necesaria acreditación. No se considera estudiantes los profesionales que cursen estudios, ni a graduados, licenciados y/o diplomados.

2019		
VIII Congreso Iberoamericano de Nutrición	3-5 Julio Pamplona	web: http://www.academianutricionydietetica.org/congreso.php?id=7#
24th Annual Congress of the European College of Sport Science	3-6 Julio Praga (Rep. Checa)	E-mail: office@sport-science.org
II Congreso Mexicano de Medicina del Deporte	3-6 Julio Mérida-Yucatán (México)	web: https://comede.mx/
13th Congreso Mundial de la International Society of Physical and Rehabilitation Medicine	9-13 Julio Kobe (Japón)	web: http://www.isprm.org
2nd International Conference on Physical Education, Sports Medicine and Doping Studies	15-16 Julio Sidney (Australia)	web: https://sportsmedicine.conferenceseries.com/
15th European Congress of Sport and Exercise Psychology	15-20 Julio Münster (Alemania)	web: https://www.fepsac2019.eu
Congreso colombiano de nutrición y dietética y II Internacional en alimentación y nutrición	15-17 Agosto Manizales (Colombia)	web: https://acodin.org/congreso-2019/
Sports Nutrition Summit Europe 2019	4-6 Septiembre Amsterdam (Países Bajos)	web: www.sportsnutritionsummit-europe.com
9th VISTA Conference	4-7 Septiembre Amsterdam (Países Bajos)	web: www.paralympic.org/news/amsterdam-host-vista-2019
Congress on Healthy and Active Children	11-14 Septiembre Verona (Italia)	web: http://i-mdrc.com/fourth-assembly/
Euro Global Conference On Food Science & Nutrition 2019	17-18 Septiembre París (Francia)	web: http://foodscience.jacobskonferences.com/
4th International Conference on Nutrition	17-18 Septiembre San Diego (EE.UU.)	web: https://www.meetingsint.com/conferences/nutrition
14th International Congress of shoulder and elbow surgery (ICSES)	17-20 Septiembre Buenos Aires (Argentina)	web: www.icses2019.org
Congreso Sdad. Francesa de Medicina del Deporte	19-21 Septiembre Reims (Francia)	web: https://www.congres-sfmes-sfts.com/fr/
8th European Exercise is Medicine Congress	20-21 Septiembre Amsterdam (Países Bajos)	Información: Lisa Kempter E-mail: lisa.kempter@uniklinik-uhl.de
56º Congreso SECOT	25-27 Septiembre Zaragoza	web: www.secot.es
1º Congreso Mundial de Educación Física (FIEP)	30 Septiembre - 4 Octubre Santiago del Estero (Argentina)	web: http://www.fiepargentinaoficial.com/
IX Congreso de la Sociedad Cubana de Medicina Física y Rehabilitación	1-4 Octubre La Habana (Cuba)	web: http://www.rehabilitacioncuba.com
11th European Congress on Sports Medicine	3-5 Octubre Portorose (Eslovenia)	web: http://www.efsm.eu

I Congreso de Reeducción Funcional Deportiva CERS-INEFC	4-5 Octubre Barcelona	Web: http://inefc.gencat.cat/ca/inefc/jornades_congressos/congres-cers-2019/informacio
6th Annual Congress on Medicine & Science in Ultra-Endurance Sports	11-13 Octubre Cape Town (Sudáfrica)	web: https://ultrasportsscience.us/congress/
13th European Nutrition Conference On Malnutrition In An Obese World	15-18 Octubre Dublín (Irlanda)	web: www.fens2019.org
50 Congreso Nacional de Podología y VI Encuentro Iberoamericano	18-19 Octubre Santander	web: https://50congresopodologia.com/
World Congress of Tennis Medicine and Sports Science	18-19 Octubre Estocolmo (Suecia)	web: www.shh.se/stmswc2019
Congreso Internacional de Fisioterapia	25-26 Octubre Toledo	web: congreso@coficam.org
10th International Physical Education and Sports Teaching Congress	31 Octubre-3 Noviembre Antalya (Turquía)	web: https://2019.tubed.org.tr/en/
5th World Conference on Doping in Sport	5-7 Noviembre Katowice (Polonia)	web: http://www.wada-ama.org
15º Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Salud	8-9 Noviembre Pontevedra	web: www.victorarufe.com
Jornadas Andaluzas de Podología	8-9 Noviembre Sevilla	web: www.colegiopodologosandalucia.org
26th Word Congress TAFISA	13-17 Noviembre Tokyo (Japón)	web: www.tafisa.org
2019 FIP World Congress of Podiatry	14-16 Noviembre Miami (EEUU)	web: www.podiatry2019.org
VIII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte: "Medicina del Baloncesto"	22-23 Noviembre Reus (Tarragona)	E-mail: femede@femede.es web: www.femede.es
10th Annual International Conference: Physical Education Sport & Health	23-24 Noviembre Pitesti (Rumanía)	web: http://sportconference.ro/
7th World Congress on Physiotherapy and Rehabilitation	26-27 Noviembre Abu Dhabi (Emiratos Árabes)	web: https://physiotherapy.conferenceseries.com/middleeast/
56 Congreso Argentino de COT	28 Noviembre-1 Diciembre Buenos Aires (Argentina)	web: www.congresoaaot.org.ar
2020		
V Congreso Internacional de Readaptación y Prevención de Lesiones en la Actividad Física y el Deporte	Enero Valencia	web: https://congresoiam.com/
I Congreso actividad física, deporte y nutrición	28 Febrero-1 Marzo Valencia	Web: http://congresodeporte.es/
14th ISPRM World Congress – ISPRM 2020	4-9 Marzo Orlando (EE.UU.)	web: http://www.isprm.org/congress/14th-isprm-world-congress
Congreso FESNAD	11-13 Marzo Zaragoza	web: http://www.fesnad.org/

Agenda

IOC World Conference Prevention of Injury & Illness in Sport	12-14 Marzo Mónaco (Principado de Mónaco)	web: http://ioc-preventionconference.org/
I Congreso actividad física, deporte y nutrición	27-29 Marzo Sevilla	web: http://congresodeporte.es/
37º Congress International Society for Snowsports Medicine-SITEMSH	1-3 Abril Andorra la Vella (Principat d'Andorra)	E-mail: andorra2020@sitemnsh.org
9º Congrés Societat Catalana de Medicina de l'Esport-SCME	3-4 Abril Andorra la Vella (Principat d'Andorra)	E-mail: andorra2020@sitemnsh.org
25th Annual Congress of the European College of Sport Science	1-4 Julio Sevilla	E-mail: office@sport-science.org
32nd FIEP World Congress / 12th International Seminar for Physical Education Teachers /15th FIEP European Congress	2-8 Agosto Jyväskylä (Finlandia)	Información: Branislav Antala E-mail: antala@fsport.uniba.sk
2020 Yokohama Sport Conference	8-12 Septiembre Yokohama (Japón)	web http://yokohama2020.jp/overview.html
International Congress of Dietetics	15-18 Septiembre Cape Town (Sudáfrica)	web: http://www.icda2020.com/
XXXVI Congreso Mundial de Medicina del Deporte	24-27 Septiembre Atenas (Grecia)	https://www.fims2020.com/
VIII Congreso HISPAMEF	15-17 Octubre Cartagena de Indias (Colombia)	web: http://hispacef.com/viii-congreso-hispacef-15-17-de-2020/
XXIX Isokinetic Medical Group Conference: Football Medicine	24-26 Octubre Lyon (Francia)	web: www.footballmedicinestrategies.com
26th TAFISA World Congress	13-17 Noviembre Tokyo (Japón)	web: www.icsspe.org/sites/default/files/e9_TAFISA%20World%20Congress%202019_Flyer.pdf
XVIII Congreso Internacional SEMED-FEMEDE	Murcia	web: www.femede.es
2021		
Congreso Mundial de Psicología del Deporte	1-5 Julio Taipei (Taiwan)	web: https://www.issponline.org/index.php/events/next-world-congress
26th Annual Congress of the European College of Sport Science	7-10 Julio Glasgow (Reino Unido)	E-mail: office@sport-science.org
22nd International Congress of Nutrition (ICN)	14-19 Septiembre Tokyo (Japón)	web: http://icn2021.org/
European Federation of Sports Medicine Associations (EFSMA) Conference 2021	28-30 Octubre Budapest (Hungria)	web: http://efsma.eu/
Congreso Mundial de Podología	Barcelona	web: www.fip-ifp.org
2022		
8th IWG World Conference on Women and Sport	5-8 Mayo Auckland (N. Zelanda)	web: http://iwgwomenandsport.org/world-conference/
XXXVII Congreso Mundial de Medicina del Deporte FIMS	Septiembre Guadalajara (México)	web: www.femmede.com.mx

Cursos on-line SEMED-FEMEDE

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 "ELECTROCARDIOGRAFÍA PARA MEDICINA DEL DEPORTE"

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (ON-LINE 1/5/2018 A 1/5/2019) CON 2,93 CRÉDITOS

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 "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 ciclista.

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 "CARDIOLOGÍA DEL DEPORTE"

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (ON-LINE 1/5/2018 A 1/5/2019) CON 6,60 CRÉDITOS

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 "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

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (NO PRESENCIAL 15/12/2015 A 15/12/2016) CON 10,18 CRÉDITOS

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.

Curso "CINEANTROPOMETRÍA PARA SANITARIOS"

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

Curso "CINEANTROPOMETRÍA"

Curso dirigido a todas aquellas personas interesadas en este campo en las Ciencias del Deporte y alumnos de último año de grado, destinado a adquirir los conocimientos necesarios para conocer los fundamentos de la cineantropometría (puntos anatómicos de referencia, material antropométrico, protocolo de medición, error de medición, composición corporal, somatotipo, proporcionalidad) y la relación entre la antropometría y el rendimiento deportivo.

Más información:
www.femede.es

Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

La Revista ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE (A.M.D.) con ISSN 0212-8799 es la publicación oficial de la Federación Española de Medicina del Deporte. 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, 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 Federación.

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

Los trabajos admitidos para publicación quedarán en propiedad de FEMEDE 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 deberán ser remitidos, a la atención del Editor Jefe, escritos 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. Deberán enviarse por correo electrónico a la dirección de FEMEDE: femede@femede.es.
2. En la primera página figurarán exclusivamente y por este orden los siguientes 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... Se adjuntará una carta en la que el primer autor, en representación de todos los firmantes del estudio, efectúa la cesión de los derechos de reproducción total o parcial sobre el artículo, en caso de ser aceptado para ser publicado. Además, en documento adjunto, 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.

3. En la segunda página figurará el 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>).
4. La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:
 - a. Originales: máximo de 5.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
 - b. Revisiones de conjunto: máximo de 5.000 palabras, 5 figuras y 4 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el Editor de la revista.
 - c. Editoriales: se realizarán por encargo del comité de redacción.
 - d. Cartas al Editor: máximo 1.000 palabras.
5. Estructura del texto: variará según la sección a la que se destine:
 - a. **ORIGINALES:** Constará de una introducción, que será breve y contendrá la intencionalidad del trabajo, redactada de tal forma que el lector pueda comprender el texto que le sigue.
Material y método: Se expondrá el material utilizado en el trabajo, humano o de experimentación, sus características, criterios de selección y técnicas empleadas, facilitando los datos necesarios, bibliográficos o directos, para que la experiencia relatada pueda ser repetida por el lector. Se describirán los métodos estadísticos con detalle.
Resultados: Relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y método empleados. Estos datos pueden publicarse en detalle en el texto o bien en forma de tablas y figuras. No se debe repetir en el texto la información de las tablas o figuras.
Discusión: Los autores expondrán sus opiniones sobre los resultados, posible interpretación de los mismos, relacionando las propias observaciones con los resultados obtenidos por otros autores en publicaciones similares, sugerencias para futuros trabajos sobre el tema, etc. Se enlazarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones gratuitas y conclusiones no apoyadas por los datos del trabajo. Los agradecimientos figurarán al final del texto.

- b. **REVISIONES DE CONJUNTO:** 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 en hojas aparte 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 citación oficial 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:** Autores, título del capítulo, editores, título del libro, ciudad, editorial, año y páginas. Ejemplo: Iselin E. Maladie de Kienbock et Syndrome du canal carpien. En: Simon L, Alieu Y. *Poignet et Medecine de Reeducation.* Londres: Collection de Pathologie Locomotrice Masson; 1981. p. 162-6.
 - **Libro.** 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. **Tablas y Figuras:** Las tablas y figuras se enviarán en archivos independientes en formato JPEG. Las tablas también se enviarán en formato word. Las tablas 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.

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

Tanto las tablas como las figuras 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.

8. 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.
9. 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.
10. La Dirección y Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.
11. Envío de los trabajos: ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE. Por correo electrónico a la dirección de FEMEDE: femedede@femedede.es. El envío irá acompañado de una carta de presentación en la que se solicite el examen del trabajo para su publicación en la Revista, se especifique el tipo de artículo que envía y se certifique por parte de todos los autores que se trata de un original que no ha sido previamente publicado total o parcialmente.

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.

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 2019

Nombre Apellidos DNI

Calle Nº 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 Nº

Población Provincia C.P.

Le ruego cargue anualmente en mi cuenta Nº

Entidad	Oficina	D.C.	Nº 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: Apartado 1207 - 31080 Pamplona (España). Fax: 948 171 431.

Hoja de suscripción a Archivos de Medicina del Deporte 2019

Importe suscripción (Dto. librerías 20%)

100€ España (IVA incluido) 150€ Ultramar por barco Deseo recibir un ejemplar de muestra sin cargo

110€ Europa 200€ Ultramar aéreo

Para suscripciones institucionales consultar precios

Dirección de envío

Nombre Apellidos DNI

Calle Nº Piso C.P.

Población Provincia País

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

Forma de pago

Adjunto cheque nº a nombre de Esmon Publicidad por euros.

Transferencia bancaria Domiciliación bancaria

Titular DNI

Firma titular	
Fecha	

Entidad	Oficina	D.C.	Nº 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 2º. 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