

Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

197

Volumen 37(3)
Mayo - Junio 2020



ORIGINALES

Reliability of heart rate recovery indexes after maximal incremental tests

Entrenamiento de fuerza y presión arterial en mujeres normotensas: efectos del método conjugado

Lower extremity injuries and key performance indicators in professional basketball players

Perfil antropométrico de jóvenes triatletas y su asociación con variables de rendimiento

Disfunciones ejecutivas del lóbulo frontal en el control de la atención a corto plazo tras el remate de cabeza en el fútbol femenino

Crioterapia compresiva como estrategia de recuperación muscular no farmacológica y sin efectos adversos en baloncesto

REVISIONES

Effect of strength training on physical and mental health and quality of life of people with spinal cord injury: a literature review

Methods for measuring physical activity in children and their relationship with nutritional status: a narrative review



PRODUCTOS de:

BIOLaster 
www.biolaster.com

T. 943 300 813
M. 639 619 494 



ANALIZADOR de HEMOGLOBINA PORTÁTIL

DiaSpect Tm



- Resultados precisos en menos de 2 segundos.
- Coeficiente de Variación (CV) inferior al 1%.
- Medidas: 15cm x 9cm x 4cm
- Conexión Bluetooth
- App **POC Connect**



El medidor de hemoglobina DiaSpect TM nos va a permitir de una forma rápida y económica (0,60€ por análisis), conocer el nivel de Hemoglobina del deportista partiendo de una muestra de sangre de menos de 10 microlitros.

Rapidez, Fiabilidad y Precisión

Kit iniciación:



Analizador de Hemoglobina DiaSpect Tm
+ 100 cubetas para el análisis
+ Caja de 100 Lancetas Unistik 21G

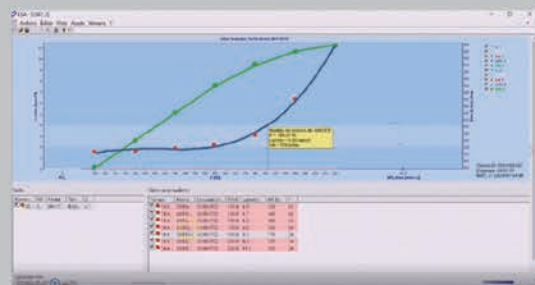
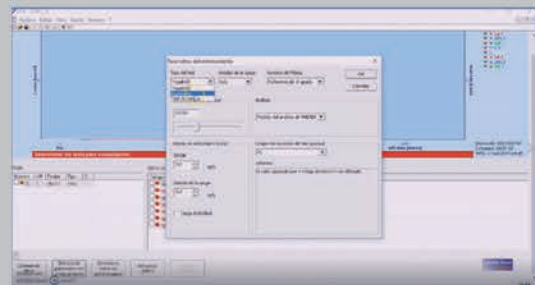
ANALIZADOR de LACTATO PORTÁTIL

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)
- Memoria de hasta 500 resultados
- 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

C/ Cánovas nº 7, local

50004 Zaragoza (España)

Tel. +34 976 02 45 09

femede@femede.es

www.femede.es

Correspondencia:

C/ Cánovas nº 7, local

50004 Zaragoza (España)

archmeddeporte@semede.es

http://www.archivosdemedicinadeldeporte.com/

Publicidad

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

Publicación bimestral

Un volumen por año

Depósito Legal

Zaragoza. Z 988-2020

ISSN

0212-8799

Soporte válido

Ref. SVR 389

Indexada en:

EMBASE/Excerpta Medica, Índice

Médico Español, Sport Information Resource

Centre (SIRC), Índice Bibliográfico Español de

Ciencias de la Salud (IBECS),

Índice SJR (SCImago Journal Rank), y SCOPUS

La 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.

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

Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

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

Director

Pedro Manonelles Marqueta

Editor

Miguel E. Del Valle Soto

Administración

Melissa Artajona Pérez

Adjunto a dirección

Oriol Abellán Aynés

Comité Editorial

Norbert Bachl. Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna, Austria. **Arcelli 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, Johannesburgo. Sudáfrica. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franehek Drobnic Martínez.** Servicios Médicos FC Barcelona. CAR Sant Cugat del Vallés. España. **Tomás Fernández Jaén.** Servicio Medicina y Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Walter Frontera.** Universidad de Vanderbilt. Past President FIMS. Estados Unidos. **Pedro Guillén García.** Servicio Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Dusan Hamar.** Research Institute of Sports. Eslovaquia. **José A. Hernández Hermoso.** Servicio COT. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. España. **Pilar Hernández Sánchez.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Markku Jarvinen.** Institute of Medical Technology and Medical School. University of Tampere. Finlandia. **Anna Jegier.** Medical University of Lodz. Polonia. **Peter Jenoure.** ARS Ortopédica, ARS Medica Clinic, Gravesano. Suiza. **José A. López Calbet.** Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. **Javier López Román.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Lucía Mulas.** Universidad Europea de Madrid. España. **Emilio Luengo Fernández.** Servicio de Cardiología. Hospital General de la Defensa. España. **Nicola Maffully.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **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
CATÓLICA DE MURCIA



ANALIZADOR de LACTATO LACTATE PLUS

NUEVO

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



Novedades principales:

- ✓ Pantalla a color
- ✓ Nuevo diseño ergonómico anti-deslizante
- ✓ Integra un botón para extraer la tira reactiva
- ✓ Utiliza dos pilas AAA



619 284 022



Laktate
www.laktate.com

Archivos

de medicina del deporte

Volumen 37(3) - Núm 197. Mayo - Junio 2020 / May - June 2020

Sumario / Summary

Editorial

COVID-19: un desafío para los exercisers y, ¿una oportunidad para los non-exercisers?

COVID-19: a challenge for exercisers and, an opportunity for nonexercisers?

Miguel Ángel Rodríguez, Hugo Olmedillas..... 150

Originales / Original articles

Reliability of heart rate recovery indexes after maximal incremental tests

Reproducibilidad de los índices de recuperación de la frecuencia cardiaca después de las pruebas de esfuerzo máximas

Bruno M. Costa, Amanda C. de Araújo, Nilo M. Okuno..... 153

Entrenamiento de fuerza y presión arterial en mujeres normotensas: efectos del método conjugado

Strength training and arterial blood pressure of normotensive women: effects of conjugated training method

Jaime Della Corte, Danielli Braga de Mello, Pablo Jorge Marcos-Pardo, Ana Paula Martins Soares Della Corte, Patrícia Ferreira de Araújo, Isabel Santos da Silva, Guilherme Rosa 157

Lower extremity injuries and key performance indicators in professional basketball players

Lesiones de miembro inferior e indicadores clave de rendimiento en jugadores profesionales de baloncesto

Álvaro Bustamante-Sánchez, Juan J. Salinero, Juan Del Coso.....162

Perfil antropométrico de jóvenes triatletas y su asociación con variables de rendimiento

Anthropometric profile of young triathletes and their association with variables of performance

Alberto Ferriz-Valero, José M. Martínez-Sanz, José Fernández-Sáez, Sergio Sellés-Pérez, Roberto Cejuela-Anta169

Disfunciones ejecutivas del lóbulo frontal en el control de la atención a corto plazo tras el remate de cabeza en el fútbol femenino

Executive dysfunctions of the frontal lobe in the control of short-term attention after the heading in women's football players

Agustí Comella Cayuela, Silvia Alonso Vila, Joan Carles Casas-Baroy..... 176

Crioterapia compresiva como estrategia de recuperación muscular no farmacológica y sin efectos adversos en baloncesto

Compressive cryotherapy as a non-pharmacological muscle recovery strategy with no adverse effects in basketball

Diego Fernández-Lázaro, Juan Mielgo-Ayuso, Alberto Caballero-García, Alfredo Córdova Martínez, Jesús Seco-Calvo, César I. Fernández-Lázaro 183

Revisiones / Reviews

Effect of strength training on physical and mental health and quality of life of people with spinal cord injury: a literature review

Efecto del entrenamiento de fuerza en la salud física y mental y la calidad de vida de personas con lesión medular espinal: una revisión de la literatura

Joel Alves Rodrigues, Eveline Torres Pereira, Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira, Osvaldo Costa Moreira..... 192

Methods for measuring physical activity in children and their relationship with nutritional status: a narrative review

Métodos de medición de la actividad física en niños y su relación con el estado nutricional: una revisión narrativa

Eduardo Guzmán-Muñoz, Pablo Valdés-Badilla, Yeny Concha-Cisternas, Guillermo Méndez-Rebolledo, Marcelo Castillo-Retamal 197

XVIII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Medicina del Deporte..... 204

Agenda / Agenda..... 206

Normas de publicación / Guidelines for authors 208

COVID-19: un desafío para los *exercisers* y, ¿una oportunidad para los *non-exercisers*?

COVID-19: a challenge for exercisers and, an opportunity for non-exercisers?

Miguel Ángel Rodríguez¹, Hugo Olmedillas^{1,2}

¹Departamento de Biología Funcional. Universidad de Oviedo. Oviedo. ²Instituto de Investigación Sanitaria del Principado de Asturias (ISPA). Oviedo.

El Coronavirus (COVID-19) es una pandemia que ha causado más de 1.500.000 contagios (10,1% en España) y más de 89.900 fallecidos a nivel mundial (16,9% en nuestro país)¹. El Gobierno Español ha decretado un estado de alarma a nivel nacional desde el 14 de marzo hasta el 26 de abril de 2020, con la posibilidad de prórroga en base a las condiciones propias de ese momento. Así, la mayor parte de la población está obligada a permanecer en sus viviendas para detener la propagación del virus, reducir el flujo de contagios y evitar la saturación del sistema sanitario.

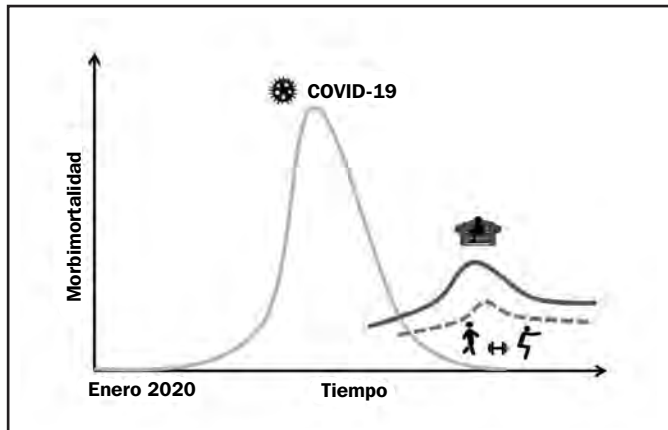
Sin embargo, aunque el confinamiento es extremadamente necesario para revertir la situación actual, puede a su vez resultar nocivo para la salud, especialmente en personas en situación vulnerable (edad avanzada o patologías crónicas). Los estudios de Morris en los años cincuenta fueron pioneros en reflejar el impacto negativo que los hábitos de vida sedentarios tienen en la salud, siendo, aún a día de hoy, las enfermedades cardiovasculares la principal causa de muerte a nivel global (31%). En este sentido, hay evidencias sólidas que relacionan la inactividad física con el incremento tanto en la incidencia y agravamiento de enfermedades crónicas como en la tasa de mortalidad². A pesar de esto, el 27,5% de la población adulta y el 80% de los jóvenes en el mundo no son suficientemente activos, circunstancia a la que se ha denominado "pandemia de la inactividad física", y cuya tasa de mortalidad alcanza el 6%³. Debido al excepcional estado de aislamiento propuesto a consecuencia del COVID-19, Google® ha realizado un informe a partir de los datos proporcionados por los sistemas de ubicación de los dispositivos telefónicos en el que muestra una reducción de las tendencias de movimiento de la población española, en un rango del 64 al 94%⁴. Atendiendo a estas estadísticas, es obvio que el actual periodo de confinamiento podría repercutir en un estilo de vida aún más sedentario.

Si bien ya se conocen algunos de los mecanismos celulares y moleculares por los que la práctica regular de ejercicio físico resulta beneficiosa, es evidente que la contracción muscular es, en sí misma, un factor determinante en la señalización molecular. Así, el músculo

esquelético opera como un órgano endocrino generando moléculas (mioquinas) capaces de actuar sobre gran parte de los órganos y tejidos a la vez que modulan sus funciones, interviniendo directamente en la progresión de ciertas patologías. Además, la liberación de las mioquinas está estrechamente vinculada a la cantidad de masa muscular implicada.

Es presumible que aquellos sujetos que se entrenaban con regularidad antes de la cuarentena sigan manteniendo como hábito la práctica de ejercicio. Así, es razonable pensar que tanto deportistas profesionales, recreacionales o, incluso, *weekend warriors* serán capaces de adaptar sus programas de ejercicio al entorno doméstico, siguiendo las rutinas pautadas por médicos del deporte, educadores físicos deportivos, o bien recurriendo a plataformas de entrenamiento virtual (p.ej. redes sociales). Además, los sujetos previamente entrenados cuentan con otra poderosa aliada: la memoria muscular. Este concepto se ha creado para dar nombre al hecho de que el músculo esquelético entrenado recupera antes sus propiedades estructurales tras ser sometido a un programa de re-entrenamiento posterior a un periodo de desacondicionamiento físico. Así, se ha observado que los mionúcleos formados en respuesta a un programa de ejercicio mantienen su número a pesar del periodo de desentrenamiento, independientemente de la reducción en el área de sección transversal muscular. Este factor es crucial una vez que el sujeto vuelve a realizar ejercicio, ya que acelera el proceso de readaptación a las tablas de entrenamiento. En este sentido, se ha estimado que el mecanismo de memoria muscular podría permanecer latente incluso décadas, por lo que no parece necesario alarmarse por mantener los mismos niveles de ejercicio durante la cuarentena. Sin embargo, son aquellas personas que previamente eran consideradas como físicamente inactivas (< 150 minutos de actividad física moderada o < 75 minutos de actividad física intensa a la semana) las que deben asumir la práctica de ejercicio como un mecanismo necesario para contrarrestar los periodos de inactividad, especialmente en el momento actual (Figura 1). Los principales argumentos que se asocian con el déficit de actividad física son la falta de tiempo y de motivación. Si partimos de la base de que en

Figura 1. Estimación de la morbilidad en base a la práctica de ejercicio físico durante el periodo de confinamiento por el COVID-19 en personas en situación de vulnerabilidad.



términos de ejercicio “algo siempre es mejor que nada” y teniendo en cuenta que un 36% de la población española refiere pasar su tiempo de ocio de forma casi totalmente sedentaria, podemos presuponer que no es la falta de tiempo (y menos aún en el momento actual), y sí la de motivación, la barrera más importante a la hora de practicar ejercicio físico. Aunque se ha descrito que la práctica de ejercicio físico vigoroso (60-75 minutos al día) es capaz de contrarrestar el mayor riesgo de muerte asociado con altos periodos de sedentarismo, puede no resultar especialmente adecuado implementar programas intensos desde un primer momento en aquellas personas no habituadas a realizar actividad física. Una alternativa a los programas de entrenamiento tradicionales podría ser la incorporación de frecuentes periodos de ejercicio físico que interrumpan el estado sedentario. Este hábito es capaz de producir una disminución significativa de los niveles de glucosa postprandial, así como de insulina y triglicéridos. Sin embargo, no está definida la cantidad, duración, intensidad o modalidad de ejercicio que debe realizarse durante estos periodos activos. De hecho, es probable que se obtengan efectos positivos con independencia del modelo de ejercicio que se lleve a cabo, siempre que éste implique una gran parte de masa muscular (desde pasear a ritmo ligero hasta realizar ejercicios de fuerza con el propio peso corporal)⁵.

Según un informe de Eurostat, las viviendas españolas tienen un tamaño medio de 90 m² en áreas urbanas y de 115 m² en zonas rurales⁶.

En un principio, puede parecer una ventaja el hecho de disponer de un mayor espacio, así como de terrazas o jardines. Sin embargo, dejando

a un lado los beneficios que ello pudiera suponer, no es estrictamente necesario un amplio espacio para poder ejercitarse. Así, muchas de las instituciones de mayor renombre en el ámbito de la salud han propuesto programas de ejercicio físico destinados especialmente a aquellas personas con menor experiencia en este ámbito y a aquellas poblaciones en situación de vulnerabilidad, tanto de edad avanzada como con patologías crónicas⁷. Estas iniciativas pretenden involucrar a la población en la práctica de ejercicio físico durante este periodo de confinamiento, pero su valor real trasciende la situación actual, y podría servir para crear pautas de ejercicio físico que permanezcan más allá del momento presente. Además, la población inactiva, aunque en menor medida, cuenta también con algunas ventajas. Por un lado, una persona no entrenada requiere de un menor estímulo o carga de entrenamiento para lograr adaptaciones, por lo que comenzará a notar mejorías desde el primer momento. Por otra parte, es oportuno recordar que “nunca es tarde” para obtener beneficios derivados de la práctica de ejercicio físico, como ya se ha demostrado en población de edad avanzada.

A pesar de todos los perjuicios sobre la calidad de vida que implica el periodo en el que nos encontramos, puede ser un momento oportuno para buscar aspectos positivos y crear hábitos saludables que permanezcan en el tiempo. Así, las personas deben concienciarse de las ventajas que supone realizar ejercicio físico con asiduidad, y aunque hoy día pueda parecer un reto o un simple pasatiempo, puede resultar en beneficios incalculables en un futuro no demasiado lejano.

Bibliografía

1. Coronavirus COVID-19 (2019-nCoV). <https://www.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>. Accessed April 5, 2020.
2. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - Evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sport*. 2015;25:1-72. doi:10.1111/sms.12581
3. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. *Lancet Child Adolesc Heal*. 2020;4(1):23-35. doi:10.1016/S2352-4642(19)30323-2
4. COVID-19 Community Mobility Report.; 2020.
5. Loh R, Stamatakis E, Folkerts D, Allgrove JE, Moir HJ. Effects of Interrupting Prolonged Sitting with Physical Activity Breaks on Blood Glucose, Insulin and Triacylglycerol Measures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sport Med*. 2020;50(2):295-330. doi:10.1007/s40279-019-01183-w
6. People in the EU - statistics on housing conditions - Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/People_in_the_EU_-_statistics_on_housing_conditions#Housing_characteristics:_the_average_size_of_dwellings. Accessed April 6, 2020.
7. Rodríguez MA, Crespo I, Olmedillas H. (In press). Exercising in times of COVID-19: what do experts recommend doing within four walls? *Rev Esp Cardiol*. 2020. doi:10.1016/j.rec.2020.04.001

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

Índice

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



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

Índice

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

Información: www.femede.es

Reliability of heart rate recovery indexes after maximal incremental tests

Bruno M. Costa¹, Amanda C. de Araújo², Nilo M. Okuno³

¹Bachelor in Physical Education. Department of Physical Rehabilitation, Regional University Hospital Ponta Grossa. Ponta Grossa, PR, Brazil. ²Bachelor in Physical Education. Department of Physical Education, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, PR, Brazil. ³Doctor in Physical Education. Department of Physical Education, State University of Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, PR, Brazil.

Recibido: 12/04/2019
Aceptado: 21/08/2019

Summary

Introduction: The relationship between heart rate (HR) recovery (HRR) and cardiovascular diseases (CAD) is well established, being that slower HRR is associated with an increased risk of sudden death and overall death, and it has been demonstrated to be independent predictor for both healthy and cardiac diseases individuals. However, it is not clear about which indexes from fast and slow phase of HRR have greater reliability after maximal exercise. This study aimed to verified which of the HRR indexes (T30 and Δ HR60s for fast phase of recovery; Δ HR300s and HR off-kinetics for slow phase) have better reliability in adults after maximal exercise test.

Material and method: Twelve healthy and moderate physical active young men without heart diseases performed three maximal treadmill tests with an interval of at least 48 h. Treadmill test started with speed of 4 km.h⁻¹, with increase of 1 km.h⁻¹ every minute until exhaustion. Beat-to-beat HR was recorded during exercise and 5 min of seated recovery to verify relative and absolute reliability of the T30, Δ HR60s, Δ HR300 and HR off-kinetics.

Results: It was found very high reproducibility in T30 (ICC = 0.91; SEM = 17.19s; CV = 13.51%), Δ HR60s (ICC = 0.91; SEM = 2.40 bpm; CV = 9.08%), Δ HR300s (ICC = 0.90; SEM = 2.69 bpm; CV = 5.42%) and HR off-kinetics parameters (ICC = 0.91-0.94; SEM = 2.43-3.63; CV = 4.06-8.10%), without difference for the variables among the tests ($p > 0.05$).

Conclusion: The Δ HR60s presented better reliability (higher ICC and lower CV) when compared to the T30, being both for fast phase of recovery. For slow phase, Δ HR300s and HR off-kinetics presented equivalent reliability.

Key words:
Cardiovascular diseases.
Post-exercise recovery.
Autonomic nervous system.

Reproducibilidad de los índices de recuperación de la frecuencia cardiaca después de las pruebas de esfuerzo máximas

Resumen

Introducción: La relación entre la recuperación de la frecuencia cardíaca (RFC) y las enfermedades cardiovasculares está bien establecida, siendo que la RFC más lenta se asocia con un mayor riesgo de muerte súbita y muerte en general, y se ha demostrado que es un factor predictivo independiente tanto para las personas sanas como para las personas con enfermedades cardíacas. Sin embargo, no está claro qué índices de la fase rápida y lenta de la RFC tienen mayor confiabilidad después del ejercicio máximo. Este estudio tuvo como objetivo verificar cuál de los índices de RFC (T30, Δ FC60s, Δ FC300s y cinética de FC) tienen mayor confiabilidad en adultos después de las pruebas máximas de ejercicio.

Material y método: Doce hombres con actividad física saludable y moderada sin enfermedades del corazón realizaron tres pruebas máximas en cinta rodante con un intervalo de al menos 48 h. La prueba en cinta rodante comenzó con una velocidad de 4 km.h⁻¹, con un aumento de 1 km.h⁻¹ cada minuto hasta el agotamiento. La FC de latido a latido se registró durante el ejercicio y 5 minutos de recuperación sentada para verificar la confiabilidad absoluta y relativa del T30, Δ FC60s, Δ FC300s y cinética de FC.

Resultados: Se encontró una reproducibilidad muy alta en T30 (CCI = 0,91; SEM = 17,19 s; CV = 13,51%), Δ FC60s (CCI = 0,91; EEM = 2,40 lpm; CV = 9,08%), Δ HR300s (CCI = 0,90; EEM = 2,69 lpm; CV = 5,42%) y los parámetros de cinética de FC (CCI = 0,91-0,94; EEM = 2,43-3,63; CV = 4,06-8,10%).

Conclusión: Los Δ FC60s presentaron mejor confiabilidad (mayor ICC y menor CV) en comparación con el T30 para una rápida fase de recuperación. Para la fase lenta, Δ FC300s y la cinética de FC fueron equivalentes.

Palabras clave:
Enfermedades cardiovasculares.
Recuperación post ejercicio. Sistema nervioso autónomo.

Correspondencia: Bruno Margueritte Costa
E-mail: bruno.mtt.tkd@hotmail.com

Introduction

Heart rate (HR) recovery (HRR) is a non-invasive tool to evaluate fast and slow phase of cardiac autonomic control after exercise¹. The autonomic imbalance²⁻⁵ is associated with increased risk of cardiovascular disease (CAD), sudden death and all-cause mortality^{2,4-7}. At onset of exercise occurs vagal withdrawal and sympathetic increase activity, enhancing HR. After exercise, occurs fast parasympathetic reactivation, followed by sympathetic activity withdrawal, making a decreased of HR⁸⁻¹⁰. Previous studies have proposed different indexes with the purpose to monitor the HRR in different populations, and training effect^{8,11,12}.

Slower HRR is associated with an increased risk of CAD^{1,4,13} and it has been demonstrated to be independent predictor for both healthy and cardiac diseases individuals^{2,4,5,6,12}. For evaluation of HRR after maximal exercise, the main indexes used are T30, the difference between HR registered at the end of exercise and after sixty seconds (Δ HR60s) and after three hundred seconds (Δ HR300s) and nonlinear regression on the first 300s of the recovery phase (HR off-kinetics). T30 and Δ HR60s are indexes that evaluate fast recovery phase, determined by vagal reactivation, while Δ 300s and HR off-kinetics covers both fast and slow recovery phase, determined by vagal reactivation and sympathetic withdrawal^{17,8}.

Some studies have demonstrated divergent results about HRR reliability using different indexes. This inconsistency may be due the different experimental protocols, such as: type of effort (maximum or submaximal)^{14,15}, type of recovery (active, passive or mixed)¹⁶⁻¹⁸, interval between each test^{19,20} and level of physical activity (sedentary, physically active or athletes)^{17,21-23}. In this manner, this study aimed to verified which fast and slow HRR indexes (T30 and Δ HR60s for fast phase of recovery; Δ HR300s and HR off-kinetics for slow phase) have stronger reliability in young adults after maximal incremental tests.

Material and method

Subjects

Twelve healthy and moderate physical active young men (age = 24.6 ± 5.2 yr) without heart diseases took part of this study. The procedures were approved by the local Human Research Ethics Committees and all participants were informed about the aim and study protocols and signed an informed consent form.

Experimental design

In first session, the participants were submitted to anthropometric, body composition and blood pressure assessment. Later, they performed three maximal treadmill incremental tests with an interval between each other for at least 48 h. Participants were instructed to avoid caffeine and alcohol intake and strenuous exercise in the 24 h before the tests.

Anthropometric and blood pressure measurements

Weight (kg) was evaluated in digital scale (Tanita, UM-080) and height (cm) was measured with a stadiometer and, posteriorly, body mass index (BMI) was calculated according to equation (kg/m^2). The

body fat (%) was assessed by tetrapolar bioelectric impedance analysis device (Maltron, BF906).

Blood pressure (mmHg) was measured by automatic device (Omron, HEM-7113), with standard cuff for adults, being considered the mean between two consecutive measurements with maximum differs of 4 mmHg, with two minutes interval between each other.

Exercise testing

Maximal exercise test started with speed of $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, with increase of $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ every minute until exhaustion and fixed treadmill slope of 1% throughout the test. Rating of perceived exertion (RPE) was measured at final of each stage (last 10 seconds of each minute) from the incremental test using Borg scale 6-20. The test was considered maximal when the following variables were reached: 95% of HRmax predicted for age ($220 - \text{age}$), rating of perceived exertion (RPE) ≥ 19 and voluntary exhaustion. Immediately after test, the subjects sat on a chair during 5 minutes of passive recovery and minimum movement. Beat-to-beat HR was recorded during exercise and recovery period by Polar V800 HR monitor to evaluate T30, Δ HR60s, Δ HR300s e HR kinetics.

HR data analysis

T30 was the negative reciprocal of the slope of the regression line between the natural logarithm of heart rate and elapsed time from the 10th to 40th second of exercise²⁴. Δ HR60s was obtained through of numerical difference between HR immediately at the end of exercise and HR one minute after the end of test² and Δ HR300s after five minutes of end-test²⁵. HR off-kinetics was adjusted by the following monoexponential function²⁶:

$$\text{HR} = \text{HR}_{\text{min}} + A_{\text{off}} * \exp[-(\text{time} - \tau)/T]$$

Where HR_{min} is the asymptotic value of HR; A_{off} is the amplitude of the HR response; T is the time of the recovery onset; and τ is the time constant to reach 63% of the HR decline.

Statistical analysis

Data are present as mean and standard deviation (SD). Normality of distribution was checked with the Shapiro-Wilk test. Three tests were compared by repeated measures ANOVA for normally distributed data and Friedman test for non-normally distributed. Relative reliability was assessed with intraclass correlation coefficient (ICC) and absolute reliability with the standard error of measurement (SEM) and the coefficient of variation (CV). Significance level was set at $p < 0.05$.

Results

Participants characteristics are presents in Table 1 (mean \pm SD) (Table 1).

The maximum speed, duration of the tests, HRmax (bpm), HRmax (%) and RPE in three treadmill incremental tests were not significant different ($p > 0.05$). Table 2 shows the data of each test (Table 2).

Table 3 shows data of T30, Δ HR60s, Δ HR300s and HR kinetics of each test and the reliability values. High reliability was found in T30 (ICC =

Table 1. Characteristics of the subjects (n=12).

Characteristics	Values
Age (years)	24.6 ± 5.2
Weight (kg)	75.7 ± 14.0
Height (cm)	174.2 ± 6.9
BMI (kg/m ²)	25.0 ± 4.3
Body fat (%)	23.0 ± 8.7
SBP (mmHg)	121.0 ± 9.4
DBP (mmHg)	65.6 ± 7.8

Values in mean ± standard deviation. BMI: body mass index; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure.

Table 2. Maximal treadmill test data.

Variable	Test 1	Test 2	Test 3
Maximum speed (km.h ⁻¹)	15.9 ± 1.7	15.9 ± 1.4	15.8 ± 1.5
Duration (s)	793.8 ± 86.3	787.6 ± 78.0	783.9 ± 82.6
HRmax (bpm)	192.5 ± 6.3	193.4 ± 7.9	191.6 ± 7.7
HRmax (%)	104.0 ± 3.7	104.5 ± 5.0	103.5 ± 3.9
RPE (a.u.)	19.3 ± 1.2	19.1 ± 1.2	19.2 ± 1.3

Values in mean ± standard deviation. Duration: incremental test duration; HRmax: maximum heart rate; RPE: rating of perceived exertion.

Table 3. Reliability of HRR indexes after maximal treadmill test.

	Test 1	Test 2	Test 3	ICC	SEM	CV (%)
T30 (s)	232.0 ± 56.6	214.1 ± 60.4	220.1 ± 73.9	0.91	17.19	13.51
ΔHR60s (bpm)	44.3 ± 8.9	43.6 ± 9.2	47.7 ± 12.2	0.91	2.40	9.08
ΔHR300s (bpm)	85.03 ± 9.81	85.30 ± 9.54	86.16 ± 11.79	0.90	2.69	5.42
HRmin (bpm)*	104.1 ± 9.2	104.2 ± 11.8	101.5 ± 12.3	0.91	2.43	4.06
A _{off} (bpm)*	89.6 ± 15.5	91.0 ± 14.2	90.1 ± 12.2	0.92	3.39	6.44
τ (s)*	77.6 ± 13.4	79.2 ± 18.8	77.0 ± 21.3	0.94	3.63	8.10

Values in mean ± standard deviation. ICC: intraclass correlation coefficient; SEM: standard error of measurement; CV: coefficient of variation; T30: time constant of fast stage of HRR; ΔHR60s: difference between maximum and minimum heart rate one minute post exercise; ΔHR300s: difference between maximum and minimum heart rate five minutes post exercise; HRmin: minimum heart rate after five minutes of recovery; A_{off}: amplitude of heart rate; τ: time constant. *HR kinetics indexes.

0.91; SEM = 17.19 s; CV = 13.51%) and ΔHR60s (ICC = 0.91; SEM = 2.40 bpm; CV = 9.08%). Both variables evaluate fast recovery phase, where there is mainly vagal reactivation.

ΔHR300s (ICC = 0.90; SEM = 2.69 bpm; CV = 5.42%) and HR kinetics (ICC = 0.91-0.94; SEM = 2.43-3.63; CV = 4.06-8.10%) also presented high reliability. They evaluate both fast and slow recovery phase, with vagal reactivation and sympathetic withdrawal.

Discussion

This study aimed verify the reliability of HRR indexes after maximal treadmill tests in adults. The indexes evaluated were T30 and ΔFC60s for vagal reactivation (fast recovery phase) and ΔFC300s and HR kinetics for vagal reactivation and sympathetic withdrawal (fast and slow recovery phase together)^{7,8}.

ICC is a classical measure of relative reliability which permits estimation of the percentage of the observed score variance that is attributable to the true score variance^{14,16,27}, being the higher value, greater the relative reliability. SEM provides an index of the expected trial-to-trial noise in the data, and CV is a measure of the discrepancy and expresses error as a percentage of the mean^{14,16,21,27}, with the lower value considered greater absolute reliability.

Considering T30, previous studies have showed low-to-moderate reliability (ICC = 0.12-0.56 s; SEM = 52.0-149.5 s; CV = 50.0-75.3%)^{14,15,21}.

This index presents limitations, such as: complex mathematical equation susceptible to artefact or arrhythmias and required register HR on a beat-to-beat⁸. Another limitation is related to time frame used. Initially, the studies evaluated the first thirty seconds, but in the 10 initial seconds of recovery, the HR present a plateau or higher values compared to exercise HR. Thus, currently it has been encouraged to analyze the HR from 10th to the 40th seconds^{8,12,14}, which it present higher reliability (ICC = 0.12 to 0.56 vs 0.62 to 0.77, respectively). Conversely to other studies, this study showed high reliability of the T30 (ICC = 0.91; SEM = 17.19 s; CV = 13.51%). Our hypothesis is related to methods used, since the majority studies used submaximal tests^{15,19}. However, Dupuy *et al.*¹⁴ observed low reliability with method similar to the present study (maximum exercise), but with short period of the test, demonstrating that the effort duration may influence reliability values.

The present study showed high relative and absolute reliability of ΔHR60s (ICC = 0.91; SEM = 2.40 bpm and CV = 9.08%). Others studies have presented inconsistent reliability of ΔHR60s after submaximal exercise (ICC = 0.15-0.99; SEM = 1.6-11.4 bpm; CV = 0.9-25.7%)^{14-17,19,20,22}, but moderate to high reliability after maximum exercise tests (ICC = 0.58-0.92; SEM = 3.0-10.2 bpm; CV = 10.8-23.3%)^{14,15,17,18,21}, suggesting that ΔHR60s reliability may be exercise intensity dependent. Cole *et al.*² described that HRR, in active recovery, lower than 13 bpm in first minute after exercise is a powerful predictor of overall mortality. Later, Jouven *et al.*⁴ showed in passive recovery that ΔHR60s less than 25 bpm is a

predictor of sudden death. All subjects of the present study presented $\Delta HR60s > 25$ bpm, indicating a good cardiovascular health.

As well as $\Delta HR60s$, $\Delta HR300s$ also presented better reliability in maximal exercise tests in comparison to submaximal exercise. Several studies have found moderate to high relative (ICC = 0.71-0.93) and absolute (SEM = 3.4-5.6 bpm; CV = 7.0-8.6%) reliability after maximal exercise^{16,17,20}, while there were inconsistent results after submaximal exercise (ICC = 0.37-0.82; CV = 6.90-10.1%)^{15,16,18}. Among men with diabetes, $\Delta HR300s$ is independently predictor of cardiovascular and all-cause death, with cut-off value <55 bpm²⁴.

HR kinetics also seems to present an association with effort intensity. Submaximal test showed low to moderate reliability (τ ICC = 0.36-0.64; SEM = 11.0-35.7 s; CV = 29.8-32.1%)^{14,15,16,19,21} while, maximal treadmill tests presented moderate to high reliability (τ ICC = 0.71-0.84; CV = 11.5-13.3%)^{14,16,20}. However, Al Haddad et al.²¹ evaluated HR kinetics in cycle ergometer and obtained low reliability (τ CV = 24.3%), which it may suggest that this index can be influenced by the type of exercise.

In our study, despite the subjects were health and moderate physical active, they had different body mass index (eutrophic or overweight). Notwithstanding, Rezende et al.²⁸ evaluated young adults with normal weight and overweight and they did not find differences in vagal reactivation at short-term after a maximal incremental exercise test. In addition, the level of physical activity and interval between each test do not appear to be a determining factor in the variation of reliability. Previous studies^{15,17} have showed large variation between the test periods (1-21 days) without any tendency to improve or worst reliability.

The main limitations of the study were small sample size and not breathing pattern recovery control. However, other studies have observed reliability of HR parameters with similar sample size and without breathing frequency control^{19,21}. Additionally, this study was limited to healthy subjects, thus these results cannot be extrapolated to other populations.

Conclusion

All indexes of HRR showed high reliability after three maximal treadmill tests in adult men. However, for clinical practice, $\Delta HR60s$ is more recommended for evaluation of the fast recovery phase, because it presents higher relative and absolute reliability when compared to the T30. In addition, $\Delta HR60s$ has established prognostic values in previous studies. $\Delta HR300s$ and HR kinetics had similar reliability, and both can be used for clinical evaluation of both fast and slow recovery phase after maximal exercise.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

1. Youn JC, Lee HS, Choi SW, Han SW, Ryu KH, Shin EC, et al. Post-exercise heart rate recovery independently predicts clinical outcome in patients with acute decompensated heart failure. *PLoS ONE*. 2016;11:1-12.
2. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999;341:1351-7.

3. Cunha FA, Midgley AW, Gonçalves T, Soares PP, Farinatti P. Parasympathetic reactivation after maximal CPET depends on exercise modality and resting vagal activity in healthy men. *SpringerPlus*. 2015;100:1-9.
4. Jouve X, Empana JPE, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetière P. Heart rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med*. 2005;352:1651-8.
5. Vivekananthan DP, Blackstone EH, Pothier CE, Lauer MS. Heart rate recovery after exercise is a predictor of mortality, independent of the angiographic severity of coronary disease. *J Am Coll Cardiol*. 2003;42:831-8.
6. Arena R, Guazzi M, Myers J, Peberdy MA. Prognostic value of heart rate recovery in patients with heart failure. *Am Heart J*. 2006;151:851e7-13.
7. Pedro RE, Costa MV, Oliveira RS, Soares-Caldeira LF. Cinética de frequência cardíaca de recuperação: comparações entre diferentes tempos de análise. *Rev Bras Presc Exerc*. 2009;3:493-9.
8. Peçanha T, Bartels R, Brito LC, Paula-Ribeiro M, Oliveira RS, Goldberger JJ. Methods of assessment of the post-exercise cardiac autonomic recovery: a methodological review. *Int J Cardiol*. 2017;227:795-802.
9. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade prática. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2009;24:205-17.
10. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Sugawara J, et al. Postexercise heart rate recovery accelerates in strength-trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:365-70.
11. Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol*. 2003;90:317-25.
12. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Lauer MS. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA*. 2000;284:1392-8.
13. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *JACC*. 1994;24:1529-35.
14. Dupuy O, Mekary S, Berryman N, Bherer L, Audiffren M, Bosquet L. Reliability of heart rate measures used to assess post-exercise parasympathetic reactivation. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2012;32:296-04.
15. Tonello L, Reichert FF, Oliveira-Silva I, Del Rosso S, Leicht AS, Boulosa DA. Correlates of heart rate measures with incidental physical activity and cardiorespiratory fitness in overweight female workers. *Front Physiol*. 2016;6:1-11.
16. Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med*. 2008;29:238-43.
17. Fecchio RY, Chehuen M, Peçanha T, Cucato GG, Costa LAR, Leicht AS, et al. Reproducibility of heart rate recovery in patients with intermittent claudication. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2017;38:603-9.
18. Tulumen E, Khalilayeva I, Aytemir K, Kaya EB, Devenci OS, Aksoy H, et al. The reproducibility of heart rate recovery after treadmill exercise test. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2011;16:365-72.
19. Arduini A, Cabrera MCG, Romagnoli M. Reliability of different models to assess heart rate recovery after submaximal bicycle exercise. *J Sci Med Sport*. 2011;14:352-7.
20. Boulosa DA, Barros ES, Del Rosso S, Nakamura FY, Leicht AS. Reliability of heart rate measures during walking before and after running maximal efforts. *Int J Sports Med*. 2014;35:999-1005.
21. Al Haddad H, Laursen PB, Chollet D, Ahmaidi S, Buchheit M. Reliability of resting and postexercise heart rate measures. *Int J Sports Med*. 2011;32:598-05.
22. Lamberts RP, Swart J, Noakes TD, Lambert MI. A novel submaximal cycle test to monitor fatigue and predict cycling performance. *Br J Sports Med*. 2011;45:797-04.
23. Buchheit M, Millet GP, Parry A, Pourchez S, Laursen PB, Ahmaidi S. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:362-71.
24. Cheng YJ, Lauer MS, Earnest CP, Kampert JB, Gibbons LW, Blair SN, et al. Heart rate recovery following maximal exercise testing as a predictor of cardiovascular disease and all-cause mortality in men with diabetes. *Diabetes Care*. 2003;26:2052-7.
25. Javorka M, Zila U, Balhárek T, Javorka K. On and off-responses of heart rate to exercise-relations to heart rate variability. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2003;23:1-8.
26. Munro B. Statistical methods for health care research. New York. Lippincott; 1997. p 1-144.
27. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res*. 2005;19:231-40.
28. Rezende DAN, Araújo JA, Queiroz MG, Arsa G, Cambiri LT. Cardiac autonomic modulation post-maximal incremental exercise is not influenced by body mass index in young adult men. *Sport Sci Health*. 2019; 15:311-7.

Entrenamiento de fuerza y presión arterial en mujeres normotensas: efectos del método conjugado

Jaime Della Corte¹, Danielli Braga de Mello², Pablo Jorge Marcos-Pardo³, Ana Paula Martins Soares Della Corte¹, Patrícia Ferreira de Araújo¹, Isabel Santos da Silva¹, Guilherme Rosa^{1,4,5}

¹Universidade Castelo Branco (UCB). Rio de Janeiro. Brasil. ²Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx). Rio de Janeiro. Brasil. ³Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física, Fitness y Comportamiento Motor (GISAFFCOM). Faculty of Sport, Catholic University of San Antonio (UCAM), Murcia. Spain. ⁴Grupo de Pesquisas em Exercício Físico e Promoção da Saúde (GEPs). Rio de Janeiro. Brasil. ⁵Faculdade Bezerra de Araújo (FABA). Rio de Janeiro. Brasil.

Recibido: 12/07/2019
Aceptado: 18/09/2019

Resumen

Objetivo: Analizar el efecto del método conjugado de entrenamiento de fuerza en ejercicios para miembros inferiores sobre la presión arterial de mujeres normotensas.

Material y método: Se realizó un estudio experimental en el cual participaron 10 mujeres normotensas (30,2 ± 5,2 años, 68,4 ± 5,5 kg, 1,65 ± 0,04 m, IMC 25,04 ± 2,63, presión arterial sistólica en reposo: 121 ± 5,2 mmHg, presión arterial diastólica en reposo: 74,8 ± 6,5 mmHg). Después de la valoración antropométrica y los test de 10 repeticiones máximas, las voluntarias fueron sometidas al entrenamiento que consistió en 3 series conjugadas, respectivamente, entre los ejercicios de máquina Leg Press 45°, Leg Extension y Leg Curl, con sobrecarga de 70% en 10 repeticiones máximas. La velocidad de ejecución de las fases concéntricas y excéntricas fue de 2" en cada ejercicio, y los intervalos entre las series fueron de 3'. Las mediciones de la presión arterial se realizaron por medio del método auscultatorio en distintos momentos: después de 10' en reposo; inmediatamente después del ejercicio; y cada 20' después del ejercicio durante 60'.

Resultados: Se observaron cambios en la presión arterial sistólica con elevación entre los momentos de reposo y post-ejercicio y reducción entre los momentos 20', 40' y 60' (F= 66,654; p= 0,0001). Se observaron cambios en la presión arterial diastólica entre el momento de reposo y el momento post-ejercicio (F= 15,258, p= 0,0001), pero sin alteración de la variable en la comparación entre los momentos 20', 40' y 60' y el momento post-ejercicio.

Conclusión: El método conjugado fue capaz de generar la hipotensión post-ejercicio sólo para la presión arterial sistólica.

Palabras clave:

Ejercicio físico. Presión arterial.
Hipotensión post-ejercicio.
Entrenamiento de fuerza.

Strength Training and arterial blood pressure of normotensive women: effects of conjugated training method

Summary

Objective: Analyze the effect of conjugated strength training method for lower limbs exercises on arterial blood pressure of normotensive women.

Material and methods: Experimental study attending 10 normotensive women (30.2±5.2 years old; 68.4±5.5 kg, 1.65±0.04 m, BMI 25.04±2.63, systolic blood pressure at rest: 121±5.2 mmHg; diastolic blood pressure at rest: 74.8±6.5 mmHg). After anthropometric evaluation, 10 repetition maximum tests, volunteers were submitted to training, composed by 3 conjugated sets, respectively at Leg Press 45°, Knee flexion machine, knee extension machine, with load of 70% of 10 repetition maximum. The speed of concentric and eccentric phases was of 2" in each exercise, and rest interval of 3' between sets. Arterial blood pressure admeasurement were held through the auscultatory method at distinct moments: after 10' resting; immediately post-exercise; and every 20' post-exercise for 60'.

Results: Changes were observed for systolic blood pressure with increase between resting and post-exercise and reduction between moments 20', 40' and 60' (F= 66.654; p= 0.0001). There were changes also for diastolic blood pressure between resting and post-exercise moment (F= 15.258; p= 0.0001), however without changes when comparing moments 20', 40' and 60' and post-exercise.

Conclusion: The conjugate method was able to generate post-exercise hypotension only for systolic blood pressure.

Key words:

Physical exercise. Blood pressure.
Post-exercise hypotension and
strength training.

Correspondencia: Guilherme Rosa
E-mail: grfitness@hotmail.com

Introducción

La hipertensión arterial (HA) es una condición clínica multifactorial caracterizada por niveles elevados y sostenidos de presión arterial (PA). Se asocia a menudo a alteraciones funcionales y/o estructurales de los órganos objetivo (corazón, encéfalo, riñones y vasos sanguíneos), con el consiguiente aumento del riesgo de eventos cardiovasculares fatales y no fatales¹.

La HA es una enfermedad de alta prevalencia, considerada un problema mundial de salud pública por su parte y dificultad de control. Hay casos de curso asintomático, haciendo que la búsqueda por el diagnóstico y tratamiento sea descuidada².

La reducción de la PA puede prevenir enfermedades cardiovasculares, mejorando la calidad de vida de la población³. La práctica regular de ejercicios ha sido recomendada para la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, sus factores de riesgo y otras enfermedades crónicas⁴.

Entre las modalidades de ejercicio físico se encuentra el entrenamiento de fuerza (TF), cuya manipulación de las variables metodológicas de prescripción, como el orden de los ejercicios, el tiempo de intervalo entre las series y ejercicios, el número de series y repeticiones, la sobrecarga y el método de entrenamiento, puede desencadenar diferentes respuestas fisiológicas, causando impacto en el comportamiento de la PA después de una sesión de entrenamiento⁵.

En cuanto a las posibilidades de métodos a ser aplicados se encuentra el método conjugado, consistente en realizar más de un ejercicio para el mismo grupo muscular o para grupos musculares diferentes, en secuencia y sin intervalo de recuperación entre ellos durante una serie, con intención de aumentar el tiempo bajo tensión en la musculatura objetivo⁶.

Una sola sesión de TF puede reducir la PA durante algunas horas⁷. Este efecto se concibe como hipotensión post-ejercicio (HPE). Son niveles presóricos en el período de recuperación inferiores a los obtenidos en reposo antes de iniciar el entrenamiento⁸ o aquellos verificados en días sin la práctica de ejercicios físicos⁹.

Hay evidencias de que las reducciones crónicas de la PA en virtud de la práctica de programas de ejercicio se deben a la suma de los efectos hipotensivos agudos de las sesiones de entrenamiento¹⁰. Sin embargo, persisten dudas acerca de los métodos aplicados en el TF sobre la ocurrencia y duración de dicha respuesta, así como en cuanto a los mecanismos fisiológicos asociados a la HPE¹¹.

Los diversos métodos de prescripción para el TF, sin embargo, son limitadas las evidencias relacionadas con las respuestas hipotensoras observadas en métodos conjugados, siendo estos normalmente utilizados para mejorar la fuerza o la hipertrofia muscular.

Considerando la escasez de datos sobre la HPE inducida por el método conjugado, resulta pertinente investigar el efecto hipotensivo del TF utilizando el método en cuestión. Así, el presente estudio tiene como objetivo analizar el efecto del método conjugado de TF para miembros inferiores sobre la PA de mujeres normotensas.

Material y método

Muestra

Diez mujeres voluntarias (30,2 ± 5,2 años), que atendieron a los siguientes criterios de inclusión: normotensas libres del uso de beta-

bloqueantes, inhibidores de la enzima convertidora de la angiotensina (IECA), diuréticos, corticoides y bloqueadores de canal de Ca²⁺, los practicantes de TF desde hace más de 6 meses, con una frecuencia semanal mínima de 5 días y un tiempo de sesión superior a 60 minutos, o *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q)¹² negativo; y de exclusión: portadoras de enfermedades degenerativas o metabólicas, lesiones osteomioarticulares que imposibilitaran la realización de los ejercicios, disfunciones cardiovasculares, y uso de sustancias ergogénicas.

El *Término de Consentimiento Libre y Esclarecido* (TCLE) para participación en investigación envolviendo seres humanos fue firmado, conforme a la Resolución 466/2012 del Consejo Nacional de Salud (Brasil). El presente estudio tuvo su proyecto sometido al Comité de Ética en Investigación del Hospital Naval Marcílio Dias / Río de Janeiro / Brasil y aprobado bajo número de protocolo 1581498/2016.

Desarrollo experimental

Cada voluntaria realizó tres visitas con un intervalo mínimo de 48 horas entre ellas. En la primera las participantes fueron informadas sobre los procedimientos de recolección de datos e intervención; respondieron al PAR-Q; fueron sometidos a las mediciones antropométricas y las pruebas de 10 repeticiones máximas (10RM). En la segunda realizaron los retests de 10RM. En la tercera realizaron el TF, teniendo las respuestas hemodinámicas aferidas antes y después de la sesión.

La estatura fue medida utilizando estadiómetro Sanny® (ES2020, Brasil) con capacidad para 2,10 m y precisión de 0,001 m. La masa corporal (MC) fue aferida a través de balanza mecánica Welmy® (110CH, Brasil) limitada en 150 kg y precisión de 100 g. Se calculó el índice de masa corporal (IMC) por la razón entre la MC y el cuadrado de la estatura. Las mediciones siguieron las recomendaciones de la *International Standards for Anthropometric Assessment* (ISAK)¹³.

Para prescripción de la intensidad del TF se optó por pruebas de 10RM¹⁴, siendo realizados en un solo día en los equipos Leg Press 45° Technogym® (Italia), Leg Extensión y Leg Curl, Life Fitness® (EE.UU.).

El calentamiento consistió en 15 repeticiones con sobrecarga del 50%, estimada por el kilaje de entrenamiento. Tres minutos después, se realizó la primera de las tres tentativas de ejecución de cada movimiento. La sobrecarga inicial fue estimada de acuerdo con la sobrecarga utilizada en las sesiones de entrenamiento de las voluntarias.

Las pruebas fueron interrumpidas en el momento en que ocurrió un error concéntrico voluntario en 10RM. La velocidad de ejecución del movimiento fue 2 segundos para cada fase (concéntrica / excéntrica), sin intervalo permitido entre estas.

En caso de que la sobrecarga para 10RM no fuera obtenida después de 3 intentos, la prueba era cancelada y realizada en día no consecutivo. Los intervalos entre los intentos en cada ejercicio se fijaron en 5 minutos de recuperación. Posteriormente a los 3 intentos de 10RM en un ejercicio, para minimizar la fatiga precoz, intervalos de recuperación de 10 minutos fueron dados antes de pasar a la prueba en el ejercicio siguiente.

Siguiendo los mismos protocolos, con el objetivo de verificar la reproducibilidad de las sobrecargas obtenidas¹⁵, en un intervalo mínimo de 48 horas, las voluntarias fueron sometidas a las retests de fuerza en los mismos ejercicios.

Se consideró como 10RM la mayor sobrecarga alcanzada en ambas pruebas, con diferencia menor que el 5% entre ellas. Si esta diferencia supera dicho porcentaje, se programarán nuevas pruebas y retests.

Las participantes fueron orientadas a no realizar ejercicios, y no ingerir sustancias estimulantes en las 24 horas que precedieron a la recolección de los datos y la sesión de entrenamiento. Las pruebas y retests se realizaron en horarios similares a los de entrenamiento de las voluntarias.

En la sesión de TF, las participantes realizaron calentamiento de 15 repeticiones en el *Leg Press* 45° con sobrecarga de 50% de 10RM. Los tres minutos después del calentamiento se realizaron 3 series, donde cada una de ellas fue conjugada respectivamente entre los equipos *Leg Press* 45°, *Leg Curl* y *Leg Extension*, sin intervalos de recuperaciones entre ellos, con sobrecargas del 70% de 10RM, evitando la maniobra de Valsalva. La velocidad de ejecución del movimiento fue la misma de las pruebas y retests. Los intervalos entre cada serie fueron de 3 minutos. En la tercera serie las voluntarias fueron colocadas en los equipos utilizando el manguito del esfigmomanómetro en el brazo izquierdo.

Los registros de la PA se obtienen utilizando un esfigmomanómetro digital Microlife® (modelo BP 3BTO-A, Suiza), aprobado por la *British Hypertension Society* (BHS) y la *American Heart Association* (AHA).

Las mediciones de la PA se realizaron en momentos distintos: reposo (antes del TF, en una sala vacía después de 10 minutos en la posición decúbito dorsal); post-ejercicio (inmediatamente después de la tercera serie del TF, en la propia *Leg Extension*, pies des cruzados y manos supinas); y en descanso (a los 20, 40 y 60 minutos después de sesión de entrenamiento, en el mismo lugar y posiciones adoptadas en la medición de la PA en reposo).

Análisis estadístico

Se realizó la estadística descriptiva a través de las medidas de tendencia central y de dispersión, además del test de normalidad de *Shapiro-Wilk*. Con base en los resultados obtenidos se optó por realizar la ANOVA *One-Way* seguida del *Post-hoc* de Tukey. Los datos fueron procesados en el *software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS 18.0, Chicago, EE.UU.). El nivel de significancia adoptado fue de $p \leq 0,05$.

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los datos referentes a las características antropométricas de las voluntarias, así como los resultados de la prueba de *Shapiro-Wilk* para dichas variables.

La Figura 1 presenta los valores de la presión arterial sistólica (PAS) y presión arterial diastólica (PAD) en los distintos momentos: reposo; inmediatamente después de la sesión de TF (post-ejercicio); y durante 60 minutos (20', 40' y 60' post-ejercicio).

Se observaron cambios ($F = 66,654$, $p = 0,0001$) para PAS con elevación entre el reposo y el momento post-ejercicio y reducción entre los momentos 20', 40' y 60' comparados al reposo y al momento post-ejercicio.

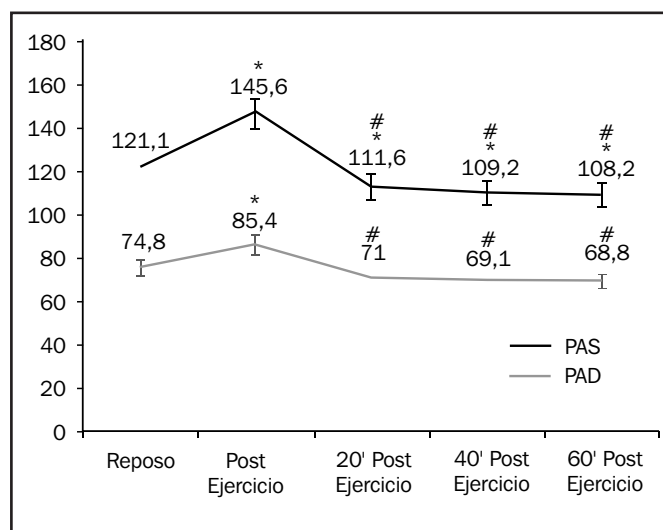
En cuanto a la PAD, la misma presentó alteraciones ($F = 15,258$, $p = 0,0001$) entre el reposo y el momento post-ejercicio, sin embargo, no

Tabla 1. Características antropométricas.

n = 10	Edad (años)	MCT (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m ²)
Media	30,2	68,4	1,65	25,04
dp	5,2	5,5	0,04	2,63
Mínimo	22	61,7	1,60	22,12
Máximo	38	76,3	1,74	28,98
SW (p-valor)	0,75	0,26	0,34	0,10

MCT: masa corporal total; IMC: índice de masa corporal; dp: desviación estándar; SW (p-valor): test de normalidad Shapiro-Wilk.

Figura 1. Análisis de PAS y PAD en reposo y después del ejercicio.



PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; *diferencia significativa en relación al reposo ($p < 0,05$); #diferencia significativa en relación al post-ejercicio ($p < 0,05$).

hubo reducción significativa de la variable después de la comparación entre los momentos 20', 40' y 60' post-ejercicio con el reposo.

Discusión

El presente estudio buscó analizar el efecto del método conjugado del TF para miembros inferiores sobre la PA de mujeres normotensas. El TF es uno de los responsables de estimular la producción de sustancias reguladoras del organismo, entre ellas el óxido nítrico, secretado en el endotelio, responsable de la vasodilatación, que mejora la circulación sanguínea y las funciones metabólicas necesarias para la recuperación en ejercicio físico¹⁶.

Con el aumento de la vasodilatación post-entrenamiento los niveles de la PA se reducen, teniendo acción de hasta 24 horas en individuos hipertensos, siendo así la exposición a la HPE de forma crónica puede reducir los niveles de la PA en reposo a través de la disminución de la resistencia vascular periférica, es decir, continua dilatación de los vasos sanguíneos, facilitando la circulación de la sangre⁸.

Además del óxido nítrico, otras sustancias que causan el efecto hipotensor también se liberan por influencia del ejercicio, como: prostaglandinas, adenosina, potasio, lactato, bradicinina y vasopresina¹⁷.

En esta investigación se observó un aumento de la PA inmediatamente post-ejercicio en relación al reposo, tanto en la PAS y en la PAD. Este hecho puede ser explicado por las variables que concurren a la elevación de la PA y se manifiestan durante el ejercicio de elevada intensidad, como la activación de quimiorreceptores por fatiga periférica¹⁸.

Sin embargo, los resultados presentaron reducción de la PAS a partir de 20 minutos post-ejercicio prolongándose hasta 60 minutos. El efecto hipotensivo para la PAD no se alcanzó durante los 60 minutos después del ejercicio. Sin embargo, en el estudio conducido por Kelley y Kelley¹⁹, se observaron reducciones de aproximadamente 3 mmHg en el grupo que participó en el programa de TF. Tales disminuciones fueron equivalentes a reducciones de 2 y 4%, respectivamente para PAS y PAD. Aunque parecen modestas, tales modificaciones, desde el punto de vista clínico, en hipertensos son suficientes para reducir del 5 a 9% el riesgo de enfermedades coronarias, del 8 a 14% el riesgo de accidente vascular encefálico y el 4% el riesgo de mortalidad.

Kenney y Seals²⁰ relataron que las respuestas de la PA pueden ser diferentes entre individuos normotensos e hipertensos, ya que la HPE puede estar asociada al estado de salud de los individuos. Se evidenció que la reducción presórica presenta mayor magnitud en los pacientes hipertensos, en los cuales la caída de la PAS y PAD post-ejercicio varía respectivamente de 18 mmHg a 20 mmHg y de 7 mmHg a 9 mmHg. En individuos normotensos la reducción de los niveles de las variables se muestran menos relevantes (PAS: 8 mmHg a 10 mmHg; PAD: 3 mmHg a 5 mmHg), similar al observado en el presente estudio.

Conforme a los hallazgos de esta investigación, O'Connor et al.²¹, que analizaron las respuestas presupuestarias entre 30 minutos y 2 horas en 14 voluntarias, tras sesión de TF de 3 series con intensidad variada en los equipos: *leg extension*, *leg curl*, *pull down*, *press* de pecho, *press* de hombro y abdominal *curl*, tampoco observaron reducción en la PAD, pero la PAS se mostró elevada.

En el experimento de Granados y Herrera²² se analizó el efecto hipotensor en 10 hombres después de realizar 2 sesiones de ejercicio aeróbico durante 30 minutos cada una (una con una intensidad del 50% de la FCReserva y otra con una intensidad del 70% de la FCReserva) en cinta transportadora. La HPE en la PAS para la intensidad del 50% de FCReserva fue alcanzada y mantenida durante los primeros 30 minutos, mientras que para la intensidad del 70% de la FCReserva la HPE ocurrió a partir de 10 minutos hasta 60 minutos. Sin embargo, en ambas intensidades no hubo diferencia significativa para la PAD.

Para Brum et al.²³, después del TF, la HPE en normotensos se debe a la reducción del gasto cardíaco por disminución del volumen sistólico, siendo que la caída no es compensada por el aumento de la resistencia vascular periférica. Este mecanismo parece ser el mismo para ejercicios de baja y alta intensidad, pero cuando se considera un período más largo después del ejercicio de alta intensidad, la resistencia vascular periférica al inicio de la recuperación compensa parcialmente la reducción del gasto cardíaco, impidiendo la reducción de la PAD, pero no la de la PAS.

A diferencia, Hill et al.²⁴, al investigar las respuestas de presión en 6 estudiantes de educación física, después de TF compuesto por 3 series

con intensidad del 70% para 10RM en ejercicios con pesos libres, verificaron reducción significativa de la PAD post-esfuerzo en 60 minutos sin cambios en la PAS.

Se percibe que los resultados son contradictorios, tal vez por no presentar un mismo parámetro entre los métodos de prescripción del TF. Según Lizardo y Simões²⁵, todavía hay carencia de informaciones sobre la intensidad, grupos musculares involucrados, segmentos corporales, magnitud y duración de la HPE, indicando la necesidad de delimitar las características de ejercicio, método utilizado, y en qué circunstancias es posible que tal fenómeno se produzca, justificando la realización de estudios futuros.

En conclusión, la sesión de TF a través del método conjugado, con las características de prescripción del presente estudio, redujo la PAS en el período de monitoreo después del ejercicio. El mismo no fue constatado para la PAD.

Financiación

Los autores afirman que la investigación no recibió fondos para su ejecución.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- Williams B. The year in hypertension. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:65-73.
- Santos ZMSA, Lima HP. Tecnologia educativa em saúde na prevenção da hipertensão arterial em trabalhadores: análise das mudanças do estilo de vida. *Texto Contexto - Enferm*. 2008;17:90-7.
- Ogihara T, Hiwada K, Morimoto S, Matsuoka H, Matsumoto M, Takishita S, et al. Guidelines for treatment of hypertension in elderly-2002 revised version. *Hypertens Res*. 2003;26:1-36.
- Jakicic JM, Clark K, Coleman E, Donnelly JE, Foreyt J, Melanson E, et al. American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33:2145-56.
- Simão R, Fleck SJ, Polito M, Monteiro W, Farinatti P. Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the post exercise hypotensive response. *J Strength Cond Res*. 2005;19:853-8.
- Fleck SJ, Kraemer WJ. *Fundamentos do treinamento da força muscular*. 4ªed. Porto Alegre: ArtMed; 2017. p. 214.
- Simões GC, Moreira SR, Kushnic MR, Simões HG, Campbell CSG. Postresistance exercise blood pressure reduction is influenced by exercise intensity in type-2 diabetic and nondiabetic individuals. *J Strength Cond Res*. 2010;24:1277-84.
- Halliwil JR. Mechanisms and clinical implications of post-exercise hypotension in humans. *Exerc Sport Sci Rev*. 2001;29:65-70.
- Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:533-53.
- Nobrega AC. The subacute effects of exercise: concept, characteristics, and clinical implications. *Exerc Sport Sci Rev*. 2005;33:84-7.
- Cunha FA, Santos LM, Massafferri RO, Monteiro TPL, Farinatti PTV. Hipotensão pós-exercício induzida por treinamento aeróbico, de força e concorrente: aspectos metodológicos e mecanismos fisiológicos. *Rev Hospital Universitário Pedro Ernesto*. 2013;12:99-110.
- American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription*. 9th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2014. p. 23.
- Marfell-Jones M, Stewart A, Carter L. *International standards for anthropometric assessment*. ISAK: Potchefstroom; 2006, South Africa. p. 53.
- Baechle TR, Earle RW. *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign: Human Kinetics; 2008. p. 249.

15. Lemos A, Simão R, Monteiro W, Polito M, Novaes J. Desempenho da força em idosas após duas intensidades do exercício aeróbico. *Rev Bras Med Esporte*. 2008;14:28-32.
16. Brown MD, Srinivasan M, Hogikyan RV, Dengel DR, Glickman SG, Galecki A, *et al*. Nitric oxide biomarkers increase during exercise-induced vasodilation in the forearm. *Int J Sports Med*. 2000;21:83-9.
17. Asano RY, Sales MM, Coelho JM, Moraes JFVN, Pereira LA, Campbell CSG, *et al*. Exercise, nitric oxide, and endothelial dysfunction: a brief review. *J Exerc Physiol Online*. 2012;15:76-86.
18. Carrington CA, White MJ. Exercise-induced muscle chemoreflex modulation of spontaneous baroreflex sensitivity in man. *J Physiol*. 2001;536:957-62.
19. Kelley GA, Kelley KS. Progressive resistance exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension*. 2000;35:838-43.
20. Kenney MJ, Seals DR. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. *Hypertension*. 1993;22:653-64.
21. O'Connor PJ, Bryant CX, Veltri JP, Gebhardt SM. State anxiety and ambulatory blood pressure following resistance exercise in females. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25:516-21.
22. Granados MG, Herrera AS. Efecto agudo de dos intensidades de ejercicio aeróbico sobre la presión arterial en reposo de personas normotensas. *Rev Andal Med Deporte*. 2014;7:101-5.
23. Brum PC, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev Paul Educ Fis*. 2004;18:21-31.
24. Hill DW, Collins MA, Cureton KJ, Mello JJ. Blood pressure response after weight training exercise. *J Appl Sport Sci Res*. 1989;3:44-7.
25. Lizardo JHF, Simões HG. Efeitos de diferentes sessões de exercícios sobre a hipotensão pós-exercício. *Rev Bras Fisioter*. 2005;09:289-95.

Lower extremity injuries and key performance indicators in professional basketball players

Álvaro Bustamante-Sánchez¹, Juan J. Salinero², Juan Del Coso²

¹Bachelor in Sport Science, Bachelor in Computer Science. MSc in Sport Performance. Sport Science School. Universidad Europea de Madrid. Faculty of Sport Sciences. Spain.

²Bachelor in Sport Science, Bachelor in Psychology. PhD in Sport Performance. Sport Science School. Universidad Camilo José Cela. Spain.

Recibido: 17/06/2019
Aceptado: 02/10/2019

Summary

In basketball, the most injured part of the body is the anatomical region that comprises the lower extremities. The aim of this study was to analyse the relationships among the occurrence of lower extremity injuries and Key Performance Indicators (KPIs) of professional basketball players. Statistical variables of 554 professional basketball players (age: 26.97±4.86 years, height: 199.23±8.80 cm, minutes per season: 441.18 ± 301.41) in ACB competition were analysed for two seasons (2012-13 and 2013-14). In addition, injury reports were registered and injuries were categorized taking into account OSICS-10 classification. The players who played the most minutes during the season were more likely to suffer ankle (P<0.001) and knee (P<0.05) injuries. The players injured in the ankle had better means, per minute played, in points, field goals made, free throws made and attempted, assists, fouls received and ranking (P<0.05). The players injured in the knee obtained better average in most variables related to a positive performance: points, 2 points made and attempted, field goals made and attempted, free throws made and attempted, offensive rebounds, defensive rebounds, total rebounds, blocks made, dunks, received fouls, +/- statistic and ranking (P<0.05). The players injured in the leg had better means per minute in 3 points made and attempted, and 2 points attempted (P<0.05). Significant relationships were also found between injuries in the thigh and performance (better means in assists and steals, P<0.05) and the foot injuries (defensive and total rebounds, dunks and fouls, P<0.05). Higher performance in basketball involves a higher risk of injury in the lower extremities and this information could be useful to design injury prevention strategies.

Key words:
Basketball. Injuries. KPI.
Performance.

Lesiones de miembro inferior e indicadores clave de rendimiento en jugadores profesionales de baloncesto

Resumen

En el baloncesto, la región anatómica más lesionada es el miembro inferior. El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre la ocurrencia de lesiones en el miembro inferior y los factores de rendimiento clave (*Key Performance Indicators*, KPIs) en jugadores profesionales de baloncesto. Se ha analizado la información estadística de 554 jugadores de baloncesto profesional (edad: 26,97±4,86 años, estatura: 199,23±8,80 cm, minutos por temporada: 441,18±301,41) en la liga regular ACB durante dos temporadas (2012-13 y 2013-14). Además, se han recogido los partes médicos de cada jornada y categorizado las lesiones según el sistema OSICS 10. Los jugadores que jugaron una mayor cantidad de minutos durante la temporada fueron más propensos a sufrir lesiones de tobillo (P<0,001) y rodilla (P<0,05). Los jugadores lesionados en el tobillo tuvieron mejores promedios, por minuto jugado, en puntos, tiros de campo intentados, tiros libres anotados e intentados, asistencias, faltas recibidas y valoración (P <0,05). Los jugadores lesionados en la rodilla obtuvieron un mejor promedio en la mayoría de las variables relacionadas con un rendimiento positivo: puntos, tiros de 2 anotados e intentados, tiros de campo anotados e intentados, tiros libres anotados e intentados, rebotes ofensivos, rebotes defensivos, rebotes totales, tapones realizados, mates, faltas recibidas, estadística +/- y valoración (P <0,05). Los jugadores lesionados en la pierna tuvieron mejores promedios por minuto en triples convertidos e intentados, y tiros de 2 intentados (P <0,05). También se encontraron relaciones significativas entre las lesiones en el muslo y el rendimiento (mejor promedio de asistencias y robos, P <0,05) y las lesiones del pie (rebotes defensivos y totales, mates y faltas, P <0,05). Un mayor rendimiento en el baloncesto implica un mayor riesgo a lesionarse en el miembro inferior y esta información podría ser útil para diseñar estrategias de prevención de lesiones.

Palabras clave:
Baloncesto. Lesiones.
KPI. Rendimiento.

Correspondencia: Álvaro Bustamante Sánchez
E-mail: busta.es@gmail.com

Introduction

In basketball, the most injured part of the body is the anatomical region that comprises the lower extremities¹. Several studies identify the joints as the most damaged in sports injuries, with the knee and the ankle being the most affected in basketball². Injuries can produce a lower performance, the absence of competition and adverse psychological effects among athletes³. In addition, some studies have reported persistent symptoms for months or even years, among patients with injuries⁴.

Ligamentous distension of the ankle is the most common injury in sports population^{1, 4-6}. As for professional athletes, ankle injuries were recorded in 14.9% of the NBA games played between 1988 and 2005⁶. Ankle sprains occur much more frequently during matches than during training⁷⁻⁹, up to 23 times more often in basketball¹⁰. In general, the greater intensity in the activity during the matches is a factor that contributes to this difference in different sports¹.

Knee injuries are among the most common as well¹¹. The nature of basketball, with continuous jumps, sprints, accelerations, decelerations and crossovers, makes the knee suffer even more injuries than the ankle, according to previous research in NBA¹². Some studies even reported a damaged knee cartilage in asymptomatic professional basketball players¹³ and college players¹⁴. Moreover, the recovery period is the longest among NBA players (9.5 games and 20.6 days in average)^{5,16}. Anterior Cruciate Ligament (ACL) injuries are among the most reported and the worst in terms of performance decrease in NBA^{17,18}.

OSICS classification 10¹⁹ associates the code "Q" with the anatomical region between the joints of the ankle and the knee. In this anatomical region, the typical injuries are: stress osseous lesions, cramps, muscle inflammation and injuries of the soft tissues. Bone stress fractures that occur under the knee often affect the tibia or the distal fibula¹¹. Some studies have reported a 7,6% of incidence of leg injuries in this area in NBA^{12,15} and 4% in shorter competitions (Olympic Games)²⁰.

Some common foot injuries in basketball are: fractures of the navicular bone and the base of the fifth metatarsal, in addition to tears of the short extensor muscle of the fingers in their insertion with the calcaneus¹¹. Foot injuries do not usually exceed 8% of total injuries and are generally less common than those of ankle and knee in both occurrence^{12,15} and recovery¹⁶. The thigh is probably one of the anatomical areas most prone to muscle contusions²¹, but occurrence (5%) tends to be lower than in the other anatomical regions^{12,15,16}, analysed according to OSICS 10.

Epidemiology of basketball injuries have been widely studied, according to injuries per hour of exposition in both practices and games^{1,10,16,22}, different competitive levels^{6,10,23}, anatomical region or type of injury (muscular, concussion, ligamentous distension, etc.)^{1,15,16}, biomechanical reason and anthropometry^{10,12,15,23,24}.

However, not many researches have studied the relationship between the occurrence of injuries and the performance of players in games. The studies that exist have been conducted mostly in the United States (NBA) and have studied differences in performance after suffering long-term injuries or that have required surgery^{17,18}. Studying the relationships between Key Performance Indicators (KPIs) and occurrence of injuries can offer information of interest to coaches and physical trainers to promote a specific preventive work with the profiles of players most

susceptible to injury. In addition, this information could help to make decisions about the evolution of the regulation in this sport, with the intention of reducing the occurrence of injuries.

Therefore, the objective of the study is to analyse the occurrence of lower extremity injuries and the relationship with KPIs in basketball players of the ACB professional competition.

Material and method

Design

To analyse the injuries of basketball players in the ACB league, a transversal, descriptive and retrospective methodology was used to study the injuries and the performance of the players, based on the information provided by the official website of the ACB league²⁵ in each of the injury parts prior to each regular league day of the 2012-13 and 2013-14 seasons.

Participants

The sample was the total number of ACB players during the 2012-13 and 2013-14 seasons. It was established as a requirement to be included in the study: i) to have played at least one match of the ACB league and ii) not to have played on another team of the same competition during the season. They fulfilled both requirements and therefore a sample of 554 players from the ACB league during the 2012-13 and 2013-14 seasons is included in this study.

Procedure

We reviewed the information of "News and Medical Party" on the official website of the ACB Basketball League²⁵, corresponding to the Regular Season of 2012-13 and 2013-14, adding a total of 68 registered matches. All the injury parts of all the disputed days were obtained. From this information, it was identified which players of the competition had suffered each type of injury, registering the anatomical place of the same. The OSICS classification was used for the categorization of injuries²⁶.

Subsequently, the total individual statistics of each player were obtained for each of the two seasons²⁵. The statistics collected the performance of the players for each variable in absolute values (total of the season) and per game played. As the risk of injury increases with minutes of exposure in matches⁷, from the original data the individual statistics per player minute were calculated. In this way, the effect of time on the existing correlation between actions and game time was eliminated (the longer the game, the more actions performed).

Statistical analysis

For the analysis of the qualitative variables, absolute frequencies and percentages were used. To analyse the relationship between qualitative variables, contingency tables were used with the Pearson χ^2 statistic.

For the quantitative variables, the normality of the variables was checked with the K-S test for a sample. The data are shown as mean \pm standard deviation. To determine if there are significant differences between the players who suffered a type of injury during the

season and those who did not, in the different performance variables during the matches, a contrast of means was made using the t test in the case of variables with normal distribution and the Mann-Whitney U statistic for those nonparametric variables. The level of significance was established at $P < 0.05$ for all cases.

The statistical program PASW Statistics 18 was used to carry out the statistical analysis.

Results

Table 1 shows the statistical performance variables that show significant differences between players injured and not injured in the ankle.

Statistically significant differences have been found, relative to the minutes of exposure in the games (total minutes played), between the set of players that presented an ankle injury and the group that did not ($P = 0.000$). The group of injured players in the ankle played 156 minutes more than average during the regular season.

Significant differences have also been found regarding the points; the field goals converted; the free throws attempted and converted; the assists; the faults received and the ranking (all of them, per minute of exposure). The group of players with ankle injury performed more actions of that type ($P < 0.05$).

No significant differences were found in the case of attempted and converted three point shots; the shots of two points attempted and converted; field shots attempted; the offensive, defensive and total rebounds; the steals; the losses; the blocks made and against; the faults committed; dunks and +/- statistic (all of them, per minute of exposure).

In the case of the two-point shots converted, a trend towards significance was found ($P = 0.05$), with injured ankle players having the highest average in this variable.

Table 2 presents the statistical performance variables that present significant differences between players injured and not injured in the knee.

Statistically significant differences have been found, relative to the minutes of exposure in the matches (total minutes played), between the set of players who presented a knee injury and the group that did not ($P = 0.033$). The group of injured players in the knee played 97.42 more minutes on average during the regular season.

Significant differences have also been found regarding the points; the shots of two points attempted and converted; the field goals converted; the free throws attempted and converted; the offensive, defensive and total rebounds; the blocks made, the faults received; dunks, +/- statistic and ranking (all of them, per minute of exposure). The group of players with knee injury carried out more actions of that type ($P < 0.05$).

No significant differences were found in the case of attempted and converted three point shots; field shots attempted; the steals; the assistance; the losses; the plugs to against and the faults committed (all of them, per minute of exposure).

Regarding leg injuries (between the ankle and knee), the relevant statistical performance variables are presented to compare the differences between injured and uninjured players in the body area between the ankle and knee joints (Table 3).

No statistically significant differences were found, related to the minutes of exposure in the matches (total minutes played), between the set of players who presented a leg injury and the group that did not ($P = 0.590$). As with ankle and knee injuries, the group of injured players in the leg played more minutes on average during the regular season (specifically 33.21 minutes more). But unlike in ankle and knee injuries, this fact has not been statistically significant.

However, significant differences have been found with respect to three-point shots (attempted and made), and two-point shots attempted (all of them, per minute of exposure). The group of players with a leg injury made and scored more three-point shots, but attempted fewer two-point shots ($P < 0.05$).

Table 1. Significant KPIs in ankle injury occurrence.

KPIs (per minute)	Ankle injury	N	Mean	Standard Deviation	P
Total minutes	No	477	419.48	303.10	.000*
	Yes	77	575.64	253.76	
Total points	No	473	.360	.243	.002*
	Yes	77	.396	.094	
Field goals made	No	473	.128	.074	.005*
	Yes	77	.143	.039	
Free throws made	No	473	.069	.133	.000*
	Yes	77	.073	.028	
Free throws attempted	No	473	.092	.139	.007*
	Yes	77	.093	.034	
Assists	No	473	.063	.059	.009*
	Yes	77	.070	.042	
Fouls received	No	473	.098	.080	.006*
	Yes	77	.107	.033	
Ranking	No	473	.323	.401	.008*
	Yes	77	.390	.151	

KPIs: Key Performance Indicators.

Table 2. Significant KPIs in knee injury occurrence.

KPIs (per minute)	Knee Injury	N	Mean	Standard Deviation	P
Total minutes	No	502	432.04	303.26	.033*
	Yes	52	529.46	269.97	
Points	No	498	.359	.237	.000*
	Yes	52	.417	.112	
2 points made	No	498	.093	.072	.002*
	Yes	52	.117	.063	
2 points attempted	No	498	.192	.110	.019*
	Yes	52	.216	.083	
Field goals made	No	498	.128	.072	.000*
	Yes	52	.153	.051	
Free throws made	No	498	.069	.130	.002*
	Yes	52	.075	.033	
Free throws attempted	No	498	.091	.135	.004*
	Yes	52	.101	.049	
Offensive rebounds	No	498	.045	.040	.017*
	Yes	52	.056	.036	
Defensive rebounds	No	498	.110	.089	.002*
	Yes	52	.126	.048	
Total rebounds	No	498	.155	.105	.005*
	Yes	52	.182	.075	
Blocks made	No	498	.013	.019	.013*
	Yes	52	.018	.020	
Dunks	No	498	.010	.018	.001*
	Yes	52	.017	.028	
Received fouls	No	498	.098	.078	.006*
	Yes	52	.111	.039	
+/- statistic	No	498	-.087	.534	.034*
	Yes	52	.011	.242	
Ranking	No	498	.321	.391	.000*
	Yes	52	.441	.169	

KPIs: Key Performance Indicators.

Table 3. Significant KPIs in leg injury occurrence.

KPIs (per minute)	Leg injury	N	Mean	Standard Deviation	P
Total minutes	No	520	439.14	302.06	.590
	Yes	34	472.35	293.90	
3 points made	No	516	.034	.036	.006*
	Yes	34	.046	.026	
3 points attempted	No	516	.104	.098	.014*
	Yes	34	.129	.061	
2 points attempted	No	516	.197	.109	.048*
	Yes	34	.160	.075	

KPIs: Key Performance Indicators.

The statistical performance lesions relevant to the occurrence of thigh injuries are reflected in the Table 4.

No statistically significant differences were found, related to the minutes of exposure in the matches (total minutes played), between the set of players that presented a thigh injury and the group that did not ($P = 0.131$). As with all injuries seen previously, the group of injured players in the thigh played more minutes on average during the regular season (specifically 101.01 minutes more). But unlike in the ankle, knee and hand injuries, this fact has not been statistically significant.

However, significant differences have been found regarding attendance and recoveries (all of them, per minute of exposure). The group of players with thigh injury performed more assists and recoveries per minute during the season ($P < 0.05$).

The statistical performance lesions relevant to the occurrence of foot injuries are shown in the Table 5.

No statistically significant differences were found, related to the minutes of exposure in the matches (total minutes played), between the set of players that presented a thigh injury and the group that did

Table 4. Significant KPIs in tight injury occurrence.

KPIs (per minute)	Tight injury	N	Mean	Standard Deviation	P
Total minutes	No	531	436.99	303.032	.131
	Yes	23	538.00	247.373	
Assists	No	527	.063	.057	.038*
	Yes	23	.083	.056	
Steals	No	527	.033	.021	.042*
	Yes	23	.039	.014	

KPIs: Key Performance Indicators.

Table 5. Significant KPIs in foot injury occurrence.

KPIs (per minute)	Foot injury	N	Mean	Standard deviation	P
Total minutes	No	535	441.89	303.721	.748
	Yes	19	421.32	232.481	
Defensive rebounds	No	531	.110	.087	.041*
	Yes	19	.133	.056	
Total rebounds	No	531	.156	.103	.036*
	Yes	19	.194	.081	
Dunks	No	531	.010	.018	.021*
	Yes	19	.028	.036	
Fouls	No	531	.121	.107	.004*
	Yes	19	.141	.057	

KPIs: Key Performance Indicators.

not ($P = 0.748$). On the contrary that it happened with all the injuries seen previously, the group of players injured in the foot disputed less minutes of average during the regular season (concretely 20.67 minutes less). However, this fact has not turned out to be statistically significant.

Yes, significant differences have been found regarding defensive rebounds, total rebounds, mates and fouls committed (all variables, calculated per minute of exposure). The group of players with foot injuries made more defensive rebounds, defensive rebounds, dunks and fouls committed per minute during the season ($P < 0.05$).

Discussion

The aim of the present research was to study the occurrence of injuries and the relationship with Key Performance Indicators (KPIs) of the players of the professional basketball competition ACB.

Numerous studies indicate that the most common mechanism of ligamentous distension injury is the performance of a jump^{10,11,27}, rather than sudden accelerations towards the basket¹⁰. The injury is caused by a slight plantar flexion, typically caused by falling on the foot of another player turning the ankle inward or when a player falls awkwardly after a jump¹¹.

According to previous research, players who had more minutes of playing exposition in games had more ankle injuries¹⁹. It was unexpected the absence of relationship between KPIs which requires a jump and more injury prevalence, such as: 2 point shots, 3 point shots, rebounds (total, offensive, defensive), blocks made and against.

Offensive KPIs have been traditionally identified as crucially influential in the occurrence of ankle injuries¹⁰, which agrees with our results. Better players in points, field shots made, free throws made and attempted, assists, fouls received and ranking, suffered an ankle injury. This player profile, due to his ability to score, would increase the level of contact with the defence.

In the case of fouls received, the contact between players has been considered a variable especially susceptible to predict injuries. Our results shows that players injured in the ankle suffered more fouls per minute played, which agrees with previous research in both NCAA¹ and European competitions¹⁰. The incidence of free throws in the occurrence of ankle injuries can be surprising, since it is an action in which there is no jump or contact. However, it must be borne in mind that in order to shoot a free throw it is necessary to have previously received a foul (which implies a contact) and in many cases, to be simultaneously making a shot to the basket (which implies a jump).

The assists have been identified as a determining factor in the occurrence of ankle injuries, although passing and receiving the ball is not considered as decisive as jumping to produce this type of injury¹⁰. However, it must be taken into account that many of the assists are made in jump to pass the ball when receiving a defensive help.

It was to be expected that injured players in the knee had significantly more minutes of exposure in matches, as other studies point to the importance of playing time as a cause related to the frequency of knee injuries^{1,9,11}.

There is consensus in several studies to indicate that knee injuries are caused by overuse and that an important factor of its incidence in

basketball is the continuous requirement of jumps^{11,27}. Thus, previous research agrees with the KPIs identified as key to suffer a knee injury: dunks, blocks made, rebounds (total, defensive, offensive).

The contact has been pointed out by several authors as a trigger factor for knee injuries^{1,10,16}. This assessment coincides with the results obtained in this study, since the players injured in the knee suffered more fouls than the non-injured players, per minute of exposure in the matches. In the case of attempted and converted free throws, the reflection made on ankle injuries is still valid: performing an action of this type implies in most cases having received a foul (contact) in the performance of a shot to the basket (jump).

Finally, an offensive profile has been detected in players who have suffered this type of injury. Significantly higher means were obtained in valuation, plus-minus valuation, points scored, shots of two converts and field goals converted. These results show that, as in ankle injuries, players with an offensive cut are more likely to suffer knee injuries.

Unlike the data reflected in the scientific literature^{9,10}, the occurrence of leg injuries has turned out to be independent of the exposure time in matches.

This fact suggests that leg injuries may be more related to minutes of exposure in training than in games. In fact, the injuries that occur when playing basketball in this anatomical area have to do with bone injuries due to these, and inflammation in the muscles and soft tissues¹¹, which are likely to occur due to the existence of an excessive training load. In this sense it is necessary to analyse in the future the exposure of players in training to draw better conclusions about this type of injury.

In addition, players injured in this anatomical region are significantly more likely to throw and score three pointers, but fewer two-point shots. The tendency to specialize in elite players suggests that those who do not have very powerful limbs and are more likely to throw more from long distance (three-point shots) and less from close range (two-point shots). This type of player, typically with the less developed lower train, may be more likely to suffer muscle-type injuries due to excessive training load on the legs. Regarding bone injuries due to stress, there does not seem to be any relationship between this player profile and this type of injury. However, these aspects are difficult to justify scientifically and should be studied in greater depth in the future, since the only objective data available is that players who suffer this type of injury have a profile of long-distance shooters.

Players who perform more steals and assists are more likely to suffer thigh injuries. These relationships can be associated with the participation of the quadriceps and the femoral biceps in jumping actions (such as those performed when doubling the passes in many assists near the rim) and of defensive basic position when stealing the ball (with the knees bent and the straight trunk).

However, practically all actions related to basketball involve the participation of these muscles, so the associations found should serve as a guide to establish relationships in future prospective studies⁷ and analyse these relationships again with a greater record of thigh injuries.

In summary, we can conclude that thigh injuries have been suffered by players who perform more assists and more recoveries per minute.

Players injured in the foot, captured more defensive and total rebounds than the non-injured. This results agrees with previous studies¹¹ that gives as a typical example of foot injury in basketball, catching a

rebound and the subsequent landing on the foot of another player. However, it is curious that the capture of offensive rebounds has not been found significant, since it is a very similar action. The highest performance of dunks has also been found significant. This fact also makes sense, since this action requires a jump very close to the basket, in an area where the density of players is usually high.

It is interesting to note that fouls committed per minute have turned out to be a significant performance variable only for foot injuries (no significant relationships have been found between this performance variable and the rest of the injuries). Basketball players usually make fouls when they have been overtaken by a player with a ball, when a player makes a shot near the rim or when they are fighting for the position in rebound or pass reception situations. In all these actions, there is a risk of injury to the foot both for the player who performs the fault and for the one who receives it.

As limitations of the present study, on the one hand, the reasons why the injuries have occurred (contact, non-contact, jumps, accelerations, etc.), nor the types of injury (muscular, bone, tendon, ligament, etc.) have not been recorded, which would allow a deeper analysis of injuries in professional basketball. On the other hand, there has been no access to the minutes of exposure in training of each player, so that only exposure to injuries in competition is taken into account. These limitations are due to the design of this investigation. However, we believe that the information provided may be of interest to advance the knowledge of injuries in professional basketball in Spain, by collecting the injuries produced in all teams of the highest competition for two full seasons, providing a new way of study injuries and relate them to KPIs. It would be convenient to conduct studies prospectively, although it would be difficult to perform with reliable data from all the teams involved.

Conclusion

The players who played the most minutes during the season were more likely to suffer ankle and knee injuries. The players injured in the ankle had better means, per minute played, in offensive type actions. The players injured in the knee turned out to be very complete players: they obtained better average in most variables related to a positive performance. The players injured in the leg presented a performance profile of long distance shooters. Significant relationships were also found between injuries and performance in the case of injuries of the thigh and foot. Higher performance in basketball involves a higher risk of injury.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

Bibliography

- Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: Summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train*. 2007;42:311-9.
- Malliaropoulos N, Ntessalen M, Papacostas E, Longo UG, Maffulli N. Reinjury after acute lateral ankle sprains in elite track and field athletes. *Am J Sports Med*. 2009;37:1755-61.
- McGowan RW, Pierce EF, Williams M, Eastman NW. Athletic injury and self diminution. *J Sports Med Phys Fit*. 1994;34:299-304.

4. Maffulli N, Longo UG, Gougoulias N, Caine D, Denaro V. Sport injuries: a review of outcomes. *Br Med Bull.* 2011;97:47-80.
5. Fong DT-P, Hong Y, Chan L-K, Yung PS-H, Chan K-M. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Medicine.* 2007;37:73-94.
6. Waterman BR, Belmont PJ, Cameron KL, Svoboda SJ, Alitz CJ, Owens BD. Risk factors for syndesmotic and medial ankle sprain role of sex, sport, and level of competition. *Am J Sports Med.* 2011;39:992-8.
7. Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br J Sports Med.* 2006;40:193-201.
8. Borowski LA, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. The epidemiology of US High School basketball injuries, 2005-2007. *Am J Sports Med.* 2008;36:2328-35.
9. Murphy DF, Connolly DAJ, Beynon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med.* 2003;37:13-29.
10. Cumps E, Verhagen E, Meeusen R. Prospective epidemiological study of basketball injuries during one competitive season: Ankle sprains and overuse knee injuries. *J Sport Sci Med.* 2007;6:204-11.
11. Newman JS, Newberg AH. Basketball Injuries. *Radiol Clin North Am.* 2010;48:1095-111.
12. Deitch JR, Starkey C, Walters SL, Moseley JB. Injury risk in professional basketball players. *Am J Sports Med.* 2006;34:1077-83.
13. Kaplan LD, Schurhoff MR, Selesnick H, Thorpe M, Uribe JW. Magnetic resonance imaging of the knee in asymptomatic professional basketball players. *Arthroscopy.* 2005;21:557-61.
14. Major NM, Helms CA. MR imaging of the knee: findings in asymptomatic collegiate basketball players. *Am J Roentgenol.* 2002;179:641-4.
15. Drakos MC, Domb B, Starkey C, Callahan L, Allen AA. Injury in the national basketball association: a 17-year overview. *Sports Health.* 2010;2:284-90.
16. Starkey C. Injuries and illnesses in the National Basketball Association: A 10-year. *J Athl Train.* 2000;35:161-7.
17. Busfield BT, Kharrazi FD, Starkey C, Lombardo SJ, Seegmiller J. Performance outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction in the National Basketball Association. *Arthroscopy.* 2009;25:825-30.
18. Harris JD, Erickson BJ, Bach Jr BR, Abrams GD, Cvetanovich GL, Forsythe B, et al. Return-to-sport and performance after anterior cruciate ligament reconstruction in National Basketball Association players. *Sports Health.* 2013;5:562-8.
19. Rae K, Orchard J. The Orchard sports injury classification system (OSICS) version 10. *Clin J Sport Med.* 2007;17:201-4.
20. Junge A, Langevoort G, Pipe A, Peytavin A, Wong F, Mountjoy M, et al. Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic Games. *Am J Sports Med.* 2006;34:565-76.
21. Trojan TH, Cracco A, Hall M, Mascaro M, Aerni G, Ragle R. Basketball Injuries: Caring for a basketball team. *Curr Sports Med Rep.* 2013;12:321-8.
22. Messina DF, Farney WC, DeLee JC. The incidence of injury in Texas high school basketball - A prospective study among male and female athletes. *Am J Sports Med.* 1999;27(3):294-9.
23. McKay GD, Goldie PA, Payne WR, Oakes BW. Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *Br J Sports Med.* 2001;35(2):103-8.
24. Narazaki K, Berg K, Stergiou N, Chen B. Physiological demands of competitive basketball. *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19(3):425-32.
25. ACB. Página web oficial de la Asociación de Clubes de Baloncesto (consultado 21-11-2014). Disponible en: www.acb.com.
26. Orchard J, Rae K, Brooks J, Hagglund M, Til L, Wales D, et al. Revision, uptake and coding issues related to the open access Orchard sports injury classification system (OSICS) versions 8, 9 and 10.1. *Open Access J Sports Med.* 2010;1:207-14.
27. DeHaven KE, Lintner DM. Athletic injuries: comparison by age, sport, and gender. *Am J Sports Med.* 1986;14:218-24.

Perfil antropométrico de jóvenes triatletas y su asociación con variables de rendimiento

Alberto Ferriz-Valero¹, José M. Martínez-Sanz², José Fernández-Sáez³, Sergio Sellés-Pérez¹, Roberto Cejuela-Anta¹

¹Departamento Didáctica General y Didácticas Específicas. Universidad de Alicante. ²Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Alicante. ³Unidad de apoyo a la investigación Tierras del Ebro. Fundación Instituto Universitario para la investigación a la Atención Primaria de Salud Jordi Gol i Gurina. Tortosa. Tarragona.

Recibido: 22/08/2019
Aceptado: 17/10/2019

Resumen

La diferente naturaleza de cada disciplina en triatlón dificulta el consenso en relación a los factores antropométricos óptimos para un alto rendimiento global, especialmente en jóvenes. Por eso, el objetivo fue analizar la correlación de los factores cineantropométricos con el rendimiento observado en los diferentes test. Triatletas infantiles y cadetes (44 masculinos y 20 femeninos) fueron sometidos a una medición antropométrica completa, así como a la evaluación del rendimiento (100 m y 400 m en natación, potencia crítica en ciclismo y 1.000 m en carrera). Las variables fueron sometidas a una prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) y un análisis correlacional (coeficiente de correlación de Spearman). Los resultados muestran que tanto en el test de 100 m como en el de 400 m, las medidas corporales básicas, los diámetros Biacromial y Biileocrestal, así como los perímetros del brazo, muslo y tórax (perímetros sólo en chicas) tienen las correlaciones más altas con el rendimiento. En el test de ciclismo se observa una correlación moderadamente significativa y negativa ($p = -0,556$) entre el pliegue de la pierna y la potencia crítica relativa sólo en chicas. Finalmente, el test de carrera a pie correlacionó negativamente con el porcentaje de masa grasa en ambos sexos (Chicos: $p = -0,323$; chicas: $p = -0,646$). Estos resultados indican que se deberían tener en cuenta, especialmente, la estatura y la envergadura en el rendimiento en natación, así como el tejido graso en el rendimiento de carrera, especialmente en chicas, por aquellos profesionales que intervienen en el proceso de desarrollo y selección de talento en jóvenes triatletas.

Palabras clave:

Antropometría. Triatlón. Talento. Crecimiento. Maduración.

Anthropometric profile of young triathletes and their association with variables of performance

Summary

The different nature of each discipline in triathlon makes consensus difficult for optimal anthropometric factors for a high global performance, especially in young people. The aim was to analyse the correlation of the cineanthropometric factors with the performance observed in the different test. Young triathletes (44 male and 20 female) were subjected to a full anthropometric measurement as well as to the performance assessment (100 m and 400 m in swimming, cycling critical power and 1000 m run). Variables were subject to a normal test (Shapiro-Wilk) and correlational analysis (coefficient of Spearman). The results show that both in the 100 m and 400 m test, basic body measures, Biacromial and Biileocrestal diameters, as well as arm perimeters, thigh and chest (perimeters only in girls) have the highest correlations with performance. The cycling test shows a moderately significant and negative correlation ($p = .556$) between the leg fold and the relative critical power only in girls. Finally, run correlated negative to the percentage of fat mass in both sexes (boys: $p = -.323$; girls: $p = -.646$). Results indicate that arm span and height should be taken into account in swimming performance, as well as the fat tissue in career performance, especially in girls by professionals involved in the development process and selection of talent in young triathletes.

Key words:

Anthropometry. Triathlon. Talent. Growth. Maturation.

Correspondencia: Alberto Ferriz Valero
E-mail: alberto.ferriz@ua.es

Introducción

El triatlón es un deporte combinado y de resistencia en el que suceden sin que se detenga el cronómetro las modalidades de natación, ciclismo y carrera a pie. Numerosos estudios han demostrado como, además de aspectos fisiológicos como la economía de movimiento o el $VO_2\text{max}^{1,2}$, los factores antropométricos condicionan el rendimiento en este deporte³. La diferente naturaleza de cada disciplina que compone el triatlón dificulta el consenso a la hora de extraer conclusiones sólidas en relación a los factores antropométricos óptimos para un alto rendimiento global, ya que estos factores antropométricos no afectarán de igual manera en los tres segmentos⁴. Si analizamos el somatotipo específico de nadadores, ciclistas y corredores encontramos valores disímiles⁵⁻⁷; difíciles de extrapolar al somatotipo específico óptimo del triatleta.

Generalmente, una alta estatura se ha relacionado con el rendimiento en triatlón en adultos, ya que tanto una mayor longitud de los miembros inferiores facilita el rendimiento en carrera⁸ como una mayor longitud de miembros superiores facilita el rendimiento en natación^{9,10}. Además, parece que los triatletas tienen un menor tamaño que los nadadores, más parecido a la de corredores y ciclistas en ruta³.

La masa corporal también es un factor destacado a tener en cuenta en los deportes de resistencia, principalmente en aquellas disciplinas en las que el deportista debe transportar su peso corporal¹¹.

Landers *et al.*,⁹ observaron que los triatletas absolutos tuvieron un rendimiento significativamente mayor que los triatletas Junior, comprobando que una reducción de masa grasa era la característica más relacionada con el éxito global en la prueba. La longitud de los segmentos corporales también mostró importancia en el rendimiento, sobre todo en la natación.

Canda *et al.*,³ determinaron el perfil antropométrico completo del triatleta y encontraron que en categoría masculina los triatletas Juniors tenían menos masa corporal, menos talla y talla sentado que los triatletas seniors. Además, los y las triatletas Juniors presentaban mayor porcentaje de grasa y valores de endomorfa que los Seniors. Por otro lado, cuando compararon según el nivel de rendimiento, en chicos, tan sólo observaron diferencias en el pliegue del muslo anterior, siendo menor para los triatletas categorizados como nivel 1. En cambio, en las triatletas categorizadas como nivel 1, observaron menor porcentaje de grasa, valores más bajos de endomorfa y mayor porcentaje muscular.

En concordancia con lo anterior, Pion *et al.*,⁷ tras evaluar un programa de orientación deportiva en Bélgica, observaron como el factor que, en mayor medida, diferenciaba a los triatletas de los otros deportes era el porcentaje de grasa corporal y el rendimiento en la prueba de resistencia.

A diferencia de hace unos años, ahora hay más triatletas formados desde edades tempranas y, por ende, existen cambios en su morfología corporal⁴. Por este motivo, el objetivo del estudio fue analizar en qué medida se correlacionan los factores cineantropométricos con el rendimiento observado en los test de cada una de las disciplinas que compone un triatlón en jóvenes triatletas.

Método

Participantes

Un total de 64 triatletas infantiles y cadetes (44 masculinos y 20 femeninas) participaron en la investigación. Los triatletas que formaron parte de esta investigación entrenan un total de entre 6-10 horas a la semana, repartidas a *grosso modo* en 2-3 horas de natación, 1-2 horas de carrera a pie y 2-3 horas de ciclismo. Todos los triatletas debían cumplir los siguientes criterios de inclusión: (uno) poseer entre 2 y 4 años de experiencia en triatlón, (dos) disponer de club y entrenador responsable de sus entrenamientos y (tres) realizar todas las pruebas de rendimiento y puntuar por encima de 8,5 en la escala de Borg. Todos los participantes y/o tutores legales firmaron el consentimiento informado (declaración de Helsinki de 1978 revisada en 2008) y fueron informadas de los beneficios, de los riesgos y del objetivo del estudio cuyo protocolo ha sido previamente aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Alicante (UA-2016-06-0).

Procedimiento e instrumentos

Por un lado, se realizó la valoración antropométrica siguiendo los estándares internacionales de la ISAK¹². La recogida de datos fue realizada por un antropometrista ISAK nivel II, teniendo en cuenta el error técnico de medición intraobservador indicado en 2019 (5% para pliegues y 1% para el resto de medidas). Como material antropométrico homologado y calibrado se utilizó: tallímetro de pared (precisión, 1 mm); báscula Tanita (precisión, 100 g); cinta métrica Rosscraf metálica, estrecha e inextensible (precisión, 1 mm); paquímetro de diámetros óseos pequeños Holtain (precisión, 1 mm); plicómetro Holtain (precisión, 0,2 mm). Se recogieron medidas básicas, pliegues cutáneos, perímetros y diámetros óseos. De la medición de estas variables se deriva el cálculo de la masa grasa¹³, la masa ósea¹⁴ y la masa muscular¹⁵, siguiendo las especificaciones para niños, niñas y adolescentes. Para el cálculo del somatotipo, se determinó el somatotipo medio, siguiendo el método de Heath-Carter y su clasificación según las categorías somatotípicas de Duquet y Carter¹⁶.

A continuación, se llevaron a cabo varios test de rendimiento en cada segmento. Las pruebas de natación y carrera se llevaron a cabo a lo largo de un mismo día, esto es, por la mañana se realizó la valoración antropométrica seguida del test de natación (9:00h). Por la tarde, se aplicó el test de carrera a pie (18:00h). Todos los triatletas realizaron el mismo calentamiento tanto en natación como en carrera. El día siguiente se realizó una sesión de familiarización en el velódromo antes de la evaluación del test de ciclismo. A la finalización de cada test, se solicitaba al deportista la valoración de su esfuerzo percibido de forma individual y confidencial^{17,18}, con el fin de asegurar la evaluación de la máxima capacidad de cada prueba.

Test de Natación. Las pruebas de natación consistieron en un test de 100 metros seguido de otro de 400 metros a estilo libre^{19,20}, desde abajo, tocando la pared, en piscina cubierta climatizada, de 25 metros de longitud.

Test de ciclismo 3 min all-out. El test de ciclismo se llevó a cabo en un velódromo. El test se ejecutó entre las 9-11h de la mañana. Todos los triatletas realizaron el mismo calentamiento (adaptado de

Burnley *et al.*)²¹. La recogida de datos de potencia se llevó a cabo con un medidor de potencia (Powertap G3, precisión $\pm 1,5\%$) en la rueda trasera (Zipp 404 carbon) y un ciclocomputador (Garmin Edge 810). Para la inclusión en el análisis de los datos relacionados con el test de ciclismo, los datos debían reflejar un perfil reproducible de potencia y alcanzar el Pico máximo de potencia antes de los 5 primeros segundos del inicio del test^{21,22}. Para la importación de los datos a una hoja de cálculo (Microsoft Excel 2016) se utilizó el software libre Golden Cheetah para MAC OS X (V. 3.4).

Test de carrera a pie. Se llevó a cabo el test de carrera a pie de 1.000 metros²³ en una pista de atletismo de material sintético de 400 m de cuerda.

Análisis estadístico

Las variables dependientes fueron sometidas a una prueba de normalidad (Shapiro-Wilk). Se calculó el coeficiente de correlación de Spearman. El nivel de significación fue establecido en 0,05 en todos los casos. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo con el software SPSS® (Statistics Package for the Social Sciences) de IBM® en su versión 24 para MAC y con Microsoft Excel® para MAC en su versión 2016.

Resultados

Características de la muestra

La Tabla 1 describe las características de la muestra en todas las variables analizadas, separadas por triatletas masculinos y femeninos.

Test de natación 100 metros (Nat100)

En primer lugar, la frecuencia de ciclo -FC- no obtuvo correlaciones significativas con ninguna variable en ningún sexo. En segundo lugar, la longitud de ciclo -LC- y la velocidad media -VM- tienen las correlaciones positivas más altas con las medidas básicas (talla, envergadura, etc.) y con los pliegues bicipital y pierna en chicos. En chicas, la mayor correlación positiva es la observada en el diámetro de la muñeca y del tórax. En ambos sexos, hay correlación positiva entre los diámetros biacromial y biilicrestal con la velocidad de nado.

Test de natación 400 metros (Nat400)

La FC mostrada durante el test no presenta correlaciones destacables con ninguna de las variables antropométricas en ningún sexo. En cambio, igual que los valores observados en el test de 100 m, LC y VM se correlacionan positivamente de forma moderada con las medidas básicas (estatura, talla sentado, envergadura y masa corporal), en este caso sólo en chicos. En triatletas masculinos se observa que aquéllos que presentan menor pliegue bicipital, muslo, pierna, sumatorio de 8 pliegues y porcentaje masa grasa, nadan más rápido el test de 400 m. Tan sólo en chicas, se observan correlaciones positivas moderadas entre el diámetro de muñeca, masa ósea, diámetro biacromial y biilicrestal. De igual modo que en el test de 100 m para féminas, aparecen los mayores valores de correlación positiva para los perímetros del brazo, pierna y tórax y la LC y VM.

Tabla 1. Características de los participantes (Media \pm desviación estándar).

	Masc (N=44)	Fem (N=20)	Total (N=64)
Edad (años)	14,5 \pm 1,5	14,7 \pm 1,3	14,6 \pm 1,4
Estatura (m)	167,4 \pm 10,5	162,0 \pm 6,4	165,0 \pm 9,2
Talla sentado (m)	85,9 \pm 6,3	82,8 \pm 5,0	84,8 \pm 6,0
Envergadura (m)	169,6 \pm 10,8	162,6 \pm 6,4	166,5 \pm 9,7
Masa corporal (kg)	56,8 \pm 9,4	51,6 \pm 6,8	54,5 \pm 8,7
Talla piernas (m)	81,6 \pm 6,3	78,4 \pm 3,9	80,5 \pm 5,7
Subescapular (mm)	6,9 \pm 2,6	8,6 \pm 2,8	7,6 \pm 2,8
Tricipital (mm)	7,7 \pm 4,7	11,8 \pm 3,4	9,3 \pm 4,7
Bicipital (mm)	4,1 \pm 3,6	6,6 \pm 2,1	5,1 \pm 3,3
Cresta iliaca (mm)	10,6 \pm 5,9	12,7 \pm 5,0	11,4 \pm 5,6
Supraespinal (mm)	7,2 \pm 4,4	8,8 \pm 4,1	7,8 \pm 4,3
Abdominal (mm)	10,8 \pm 6,8	14,1 \pm 6,0	12,1 \pm 6,6
Muslo (mm)	12,5 \pm 7,4	20,2 \pm 4,4	15,5 \pm 7,4
Pierna (mm)	8,3 \pm 6,2	12,5 \pm 4,1	9,9 \pm 5,8
Σ 8 pliegues (mm)	63,9 \pm 42,1	76,6 \pm 44,3	69,3 \pm 43,1
Brazo relajado (mm)	27,4 \pm 2,8	24,4 \pm 1,9	26,2 \pm 2,9
Brazo contraído (mm)	29,2 \pm 2,8	24,9 \pm 1,7	27,5 \pm 3,2
Muslo máximo (mm)	49,0 \pm 3,6	46,6 \pm 2,8	48,3 \pm 3,5
Pierna máximo (mm)	34,8 \pm 2,2	32,9 \pm 2,1	34,1 \pm 2,3
Tórax (mm)	85,5 \pm 6,7	77,8 \pm 6,5	83,0 \pm 7,5
Muñeca (cm)	5,4 \pm 0,3	4,9 \pm 0,2	5,2 \pm 0,3
Humero (cm)	6,8 \pm 0,3	6,0 \pm 0,2	6,5 \pm 0,4
Fémur (cm)	9,3 \pm 0,5	8,6 \pm 0,3	9,0 \pm 0,6
Biacromial (cm)	36,4 \pm 2,8	34,7 \pm 2,0	35,7 \pm 2,6
Biilicrestal (cm)	25,9 \pm 2,0	25,0 \pm 1,6	25,5 \pm 1,9
Endomorfa	2,5 \pm 1,1	3,0 \pm 1,0	2,7 \pm 1,1
Mesomorfa	4,2 \pm 1,0	3,0 \pm 0,6	3,6 \pm 0,8
Ectomorfa	3,2 \pm 0,9	3,6 \pm 0,6	3,4 \pm 0,8
Masa Grasa (kg)	9,1 \pm 4,3	10,2 \pm 3,3	9,6 \pm 3,8
% Masa Grasa	14,6 \pm 5,2	19,6 \pm 4,5	17,1 \pm 4,9
Masa muscular esquelética (kg)	32,9 \pm 4,1	19,7 \pm 6,4	26,3 \pm 5,3
% Masa muscular esquelética	54,5 \pm 2,0	38,2 \pm 10,5	46,4 \pm 6,2
Masa ósea (kg)	10,9 \pm 1,4	8,8 \pm 0,8	9,8 \pm 1,1
% Masa ósea	18,1 \pm 1,5	17,2 \pm 4,1	17,6 \pm 2,8
Nat100 FC (ciclos por minuto)	45,2 \pm 6,1	41,4 \pm 5,0	43,6 \pm 6,0
Nat100 LC (cm x brazada)	55,9 \pm 10,8	57,8 \pm 9,2	56,7 \pm 10,1
Nat100 VM (m·s ⁻¹)	1,3 \pm 0,2	1,2 \pm 0,1	1,3 \pm 0,2
Nat400 FC (ciclos por minuto)	37,3 \pm 4,4	33,7 \pm 4,3	35,7 \pm 4,7
Nat400 LC (cm x brazada)	55,6 \pm 10,5	60,4 \pm 31,0	57,8 \pm 22,4
Nat400 VM (m·s ⁻¹)	1,1 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2
Cic 3 min all-out PC(W)	275,5 \pm 56,4	198,0 \pm 39,1	247,6 \pm 62,8
Cic 3 min all-out PCrel (W·Kg ⁻¹)	4,5 \pm 0,5	3,8 \pm 0,5	4,3 \pm 0,5
Run 1000 m VM (km·h ⁻¹)	18,5 \pm 1,7	15,8 \pm 1,6	17,3 \pm 2,1

Masc: masculino; Fem: femenino; FC: frecuencia de ciclo; LC: longitud de ciclo; VM: velocidad media; PC: potencia crítica; PCrel: potencia crítica relativa al peso.

Test de ciclismo 3 minutos all-out (Cic 3min all-out)

En triatletas femeninas, se destaca una correlación significativa moderada y negativa ($p = -0,556$) entre el pliegue de la pierna y la potencia crítica relativa al peso. En triatletas masculinos no se observó ninguna correlación significativa con la potencia crítica relativa al peso. En ambos sexos, se observan correlaciones moderadas entre la masa corporal y la potencia crítica absoluta, así como la talla sentado y la talla de las piernas en chicos, y la estatura, la envergadura, y la talla de piernas en chicas.

Test de carrera a pie (Run1000)

En chicos, se observa una correlación baja entre la talla sentado y la envergadura con el rendimiento en el test de carrera. Además, se muestra una significación baja y negativa entre el pliegue del muslo y gemelo, esto es, a mayor pliegue menor rendimiento. En chicas, el pliegue del gemelo correlaciona negativa y moderadamente con el rendimiento, además de los pliegues bicipital, tricipital y abdominal. Finalmente, el porcentaje de masa grasa correlaciona en ambos sexos, de forma más destacada en chicas (Tabla 2, Figura 1, Figura 2 y Figura 3).

Discusión

En primer lugar, en relación a las medidas básicas, la variable envergadura correlaciona positivamente con el rendimiento en ambos test de natación en jóvenes triatletas, de acuerdo con otros estudios^{9,10,24,25}. Además, la estatura parece ser más determinante en el rendimiento mostrado en el test de natación de 400 m, mientras que la longitud de

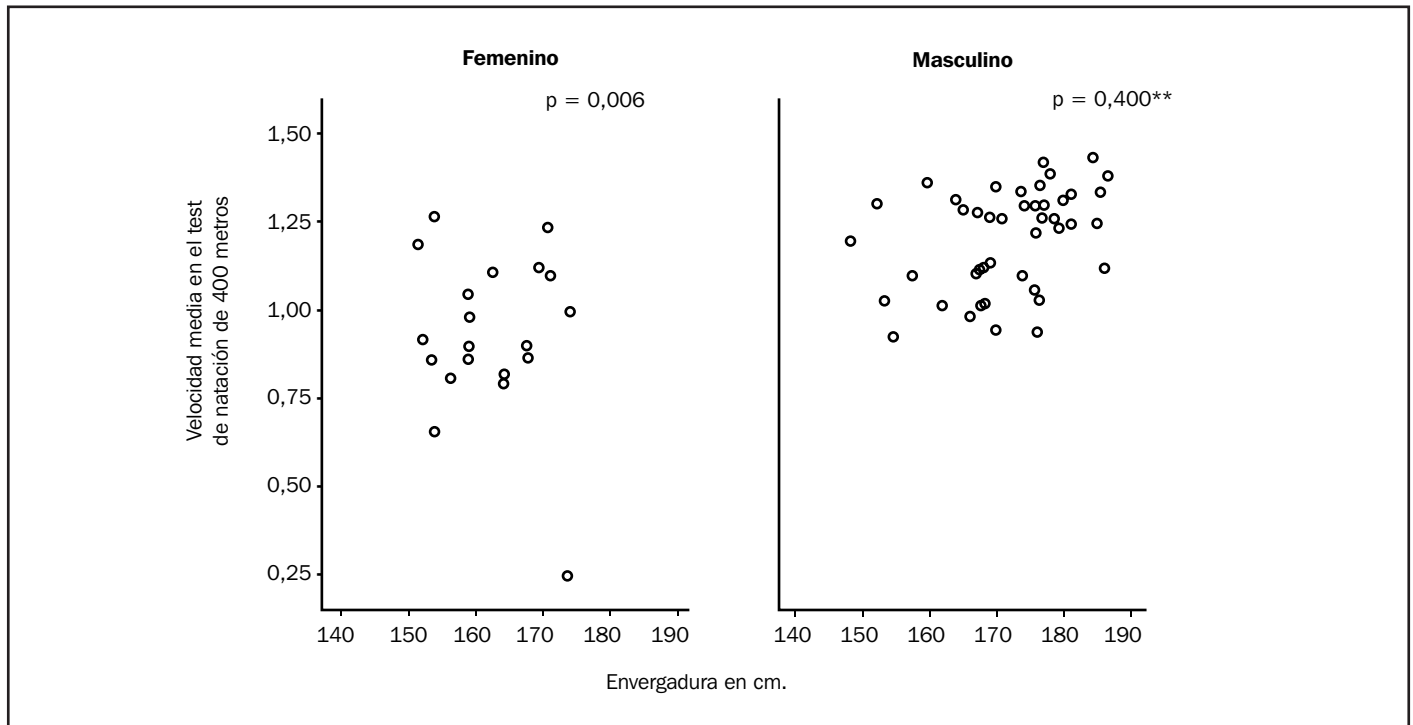
piernas parece estar más relacionada con el rendimiento en distancias más cortas en consonancia con otros estudios²⁶.

La estatura y la talla sentado es una medida de gran importancia para la valoración del estado madurativo del individuo como así lo marca la ecuación para la determinación del Pico Máximo de Crecimiento²⁷. Por eso, el crecimiento y la maduración podrían tener especial relevancia en el rendimiento mostrado en estas edades²⁸. Sin embargo, no se observa el mismo comportamiento en chicas. Teniendo en cuenta que éstas maduran generalmente dos años antes que los chicos, es posible que los resultados en chicas queden condicionados a que la gran mayoría se encontraba en fase o ya había pasado el Pico Máximo de Crecimiento²⁹. En línea con esto, Moreira *et al.*,¹⁰ destacaron diferencias en el rendimiento mostrado en la velocidad de nado en 25 m, después de 10 semanas de descanso, cuya diferencia atribuyen especialmente a los efectos del crecimiento.

En varones, el porcentaje de masa grasa se correlacionó negativamente con el rendimiento en ambos test de natación y en el test de carrera de acuerdo con otros estudios^{7,30}. Concretamente, el pliegue observado en el bíceps, muslo y sumatorio de 8 pliegues son los factores que más correlacionan con el rendimiento en ambos test de natación; mientras que el pliegue del muslo y la pierna correlacionan negativamente con el rendimiento mostrado en el test de 400 m de natación y 1.000 m de carrera a pie.

En el test de ciclismo, en varones no se observó correlación con la potencia crítica relativa al peso, estando estos resultados de acuerdo con el estudio de Landers *et al.*⁹. Estos autores no encontraron relación en su análisis factorial entre el factor que denominaron longitud segmentaria

Figura 1. Relación entre la envergadura del triatleta en cm y la velocidad media en el test de natación de 400 metros según sexo.



p: coeficiente de correlación de rangos de Spearman; **p<0,01.

Tabla 2. Correlación de Spearman entre las medidas antropométricas y los diferentes test de rendimiento.

	Test natación 100 m				Test natación 400 m				Test ciclismo				Test carrera	
	Masc		Fem		Masc		Fem		Masc		Fem		Masc	Fem
	LC	VM	LC	VM	LC	VM	LC	VM	PC	PC rel	PC	PC rel	VM	VM
Estatura (m)	0,497**	0,369**	0,219	0,250	0,382**	0,341**	0,379**	0,322*	0,339	-0,076	0,636*	-0,454	0,318*	-0,146
Talla sentado (m)	0,469**	0,541**	0,263	0,340	0,381**	0,498**	0,371*	0,418*	0,625**	0,276	0,357	-0,385	0,379**	0,199
Envergadura (m)	0,463**	0,436**	0,361**	0,414**	0,438**	0,400**	0,561**	0,006	0,332	-0,085	0,789**	-0,393	0,368**	-0,215
Masa corporal (kg)	0,503**	0,400**	0,290*	0,393**	0,443**	0,366**	0,526**	0,452**	0,611**	0,168	0,807**	-0,429	0,209	-0,079
Talla piernas (m)	0,331*	0,265*	0,384*	0,403*	0,272	0,267	0,510**	0,439*	0,585**	0,286	0,846**	-0,257	0,218	-0,231
Subescapular (mm)	-0,161	-0,231	0,107	0,229	-0,072	-0,266	0,274	0,242	-0,002	-0,299	0,715**	-0,161	-0,251	-0,300
Tricipital (mm)	-0,286	-0,150	0,035	0,015	-0,160	-0,203	0,122	0,038	0,434*	0,154	0,726**	-0,356	-0,168	-0,595**
Bicipital (mm)	-0,447**	-0,481**	0,045	0,109	-0,274	-0,536**	0,197	0,164	0,266	0,088	0,448	-0,305	-0,357*	-0,486*
Cresta ilíaca (mm)	-0,264	-0,161	0,243	0,373	-0,107	-0,185	0,520	0,376	0,053	0,024	0,549*	-0,542*	-0,059	-0,289
Supraespinal (mm)	-0,340*	-0,269	0,024	0,206	-0,204	-0,290	0,360	0,221	0,292	0,070	0,760**	-0,231	-0,137	-0,315
Abdominal (mm)	-0,298	-0,245	0,206	0,254	-0,160	-0,223	0,372	0,237	0,406*	0,235	0,782**	-0,270	-0,236	-0,466*
Muslo (mm)	-0,378*	-0,344*	0,077	0,069	-0,243	-0,373*	0,264	0,096	0,432*	0,181	0,768**	-0,265	-0,363*	-0,192
Pierna (mm)	-0,453**	-0,465**	-0,206	-0,294	-0,306*	-0,505**	-0,135	-0,341	-0,010	0,096	0,499	-0,556*	-0,363*	-0,600**
Σ 8 pliegues (mm)	-0,339*	-0,316*	0,132	0,196	-0,152	-0,359*	0,351	0,192	-0,210	-0,088	0,638*	-0,077	-0,300	-0,392
Brazo relajado (mm)	0,122	0,012	0,288	0,531**	0,168	0,064	0,578**	0,633**	0,215	0,114	0,761**	-0,361	<0,001	0,262
Brazo contraído (mm)	0,153	0,111	0,360	0,615**	0,212	0,121	0,614**	0,704**	0,565**	0,217	0,777**	-0,386	-0,032	0,385
Muslo máximo (mm)	-0,118	-0,081	0,377	0,583*	-0,018	-0,018	0,618*	0,731**	0,424*	0,089	0,779**	-0,186	0,109	0,600
Pierna máximo (mm)	0,103	0,088	0,190	0,268	0,079	0,004	0,413*	0,389	0,508*	0,076	0,393	-0,714	0,224	0,070
Tórax (mm)	0,281	0,271	0,532*	0,766**	0,257	0,335	0,907**	0,738**	0,435*	0,184	0,640*	-0,286	0,328	0,433
Muñeca (cm)	0,287	0,303*	0,577**	0,587**	0,135	0,240	0,587**	0,547**	0,482	-0,024	0,107	-0,214	0,385*	0,055
Humero (cm)	0,166	0,216	0,313	0,335	0,076	0,252	0,460*	0,351	0,508*	0,234	0,235	-0,237	0,353*	0,125
Fémur (cm)	-0,271	-0,274	0,106	0,061	-0,467**	-0,283	0,260	0,184	0,508*	0,302	0,212	-0,152	0,178	-0,171
Biacromial (cm)	0,471**	0,486**	0,279	0,446*	0,410**	0,423**	0,504**	0,483**	-0,094	0,180	-0,757**	0,321	0,309	0,136
Biileocrestal (cm)	0,392**	0,509**	0,287	0,473**	0,360**	0,492**	0,455*	0,495**	0,550**	0,202	0,229	-0,472	0,227	-0,335
Endomorfia	-0,287	-0,267	0,035	0,145	-0,142	-0,310*	0,246	0,135	0,451*	0,297	0,442	-0,460	-0,064	0,350
Mesomorfia	-0,282	-0,243	0,101	0,254	-0,279	-0,191	0,149	0,287	0,297	0,151	0,682**	-0,307	-0,245	-0,515
Ectomorfia	0,322*	0,220	-0,256	-0,578**	0,235	0,218	-0,617**	-0,551**	0,299	0,323	0,018	-0,089	0,024	-0,209
Masa grasa (kg)	-0,258	-0,197	0,148	0,221	-0,149	-0,276	0,395	0,252	-0,403	-0,281	-0,446	0,171	-0,154	-0,344
% Masa grasa	-0,384*	-0,348*	-0,131	-0,165	-0,228	-0,434**	-0,017	-0,462*	0,334	0,062	0,811**	-0,275	-0,443**	-0,684*
Masa muscular esquelética (kg)	0,309*	0,247	0,248	0,293	0,291	0,281	0,433*	0,381	0,041	0,001	0,611*	-0,214	0,276	-0,243
% Masa muscular esquelética	0,029	-0,092	0,079	0,148	0,220	-0,112	0,146	0,250	0,582**	0,143	0,793**	-0,286	-0,110	-0,127
Masa ósea (kg)	0,257	0,229	0,432*	0,472*	0,059	0,216	0,636**	0,557**	-0,428*	-0,210	0,504	-0,036	0,346	0,018
% Masa ósea	0,034	-0,009	-0,213	-0,496*	-0,217	-0,032	-0,580**	-0,530**	0,522**	0,170	0,725**	-0,482	0,084	-0,251

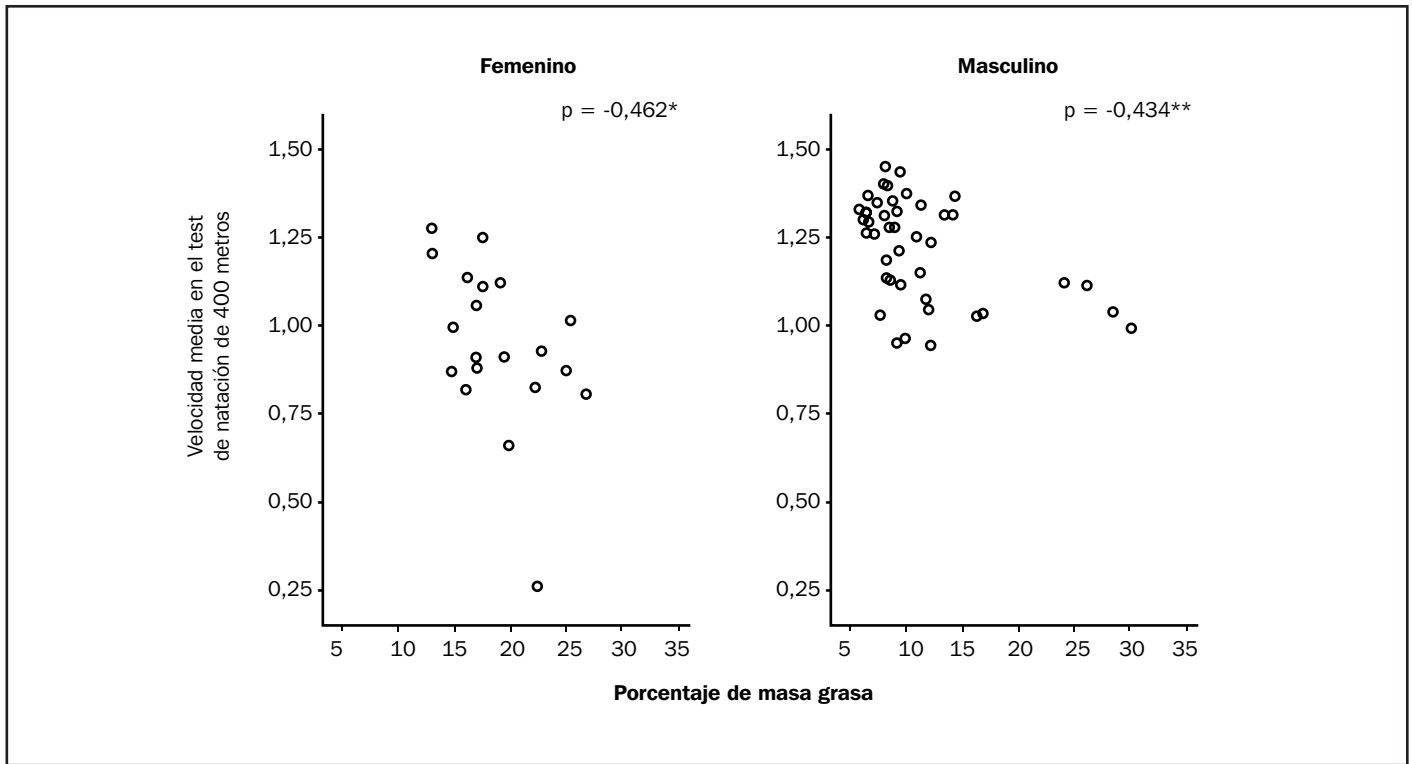
Masc: masculino; Fem: femenino; FC: frecuencia de ciclo; LC: longitud de ciclo; VM: velocidad media; PC: potencia crítica; PCrel: potencia crítica relativa al peso.

*p<0,05; **p<0,01.

y el rendimiento en ciclismo en triatletas elite junior y senior, a pesar de que este estudio se realizó en un momento en el que el drafting no estaba permitido. En chicas, los pliegues del bíceps y del muslo se correlacionaron negativamente con la potencia crítica relativa al peso. Aunque algunos estudios correlacionan el bajo porcentaje de grasa con el rendimiento en ciclismo³¹, puede que en triatlón no se observe este efecto en adolescentes, debido a que la mayoría de triatlones se realizan en llano y con *drafting* y la importancia del tejido grasa en

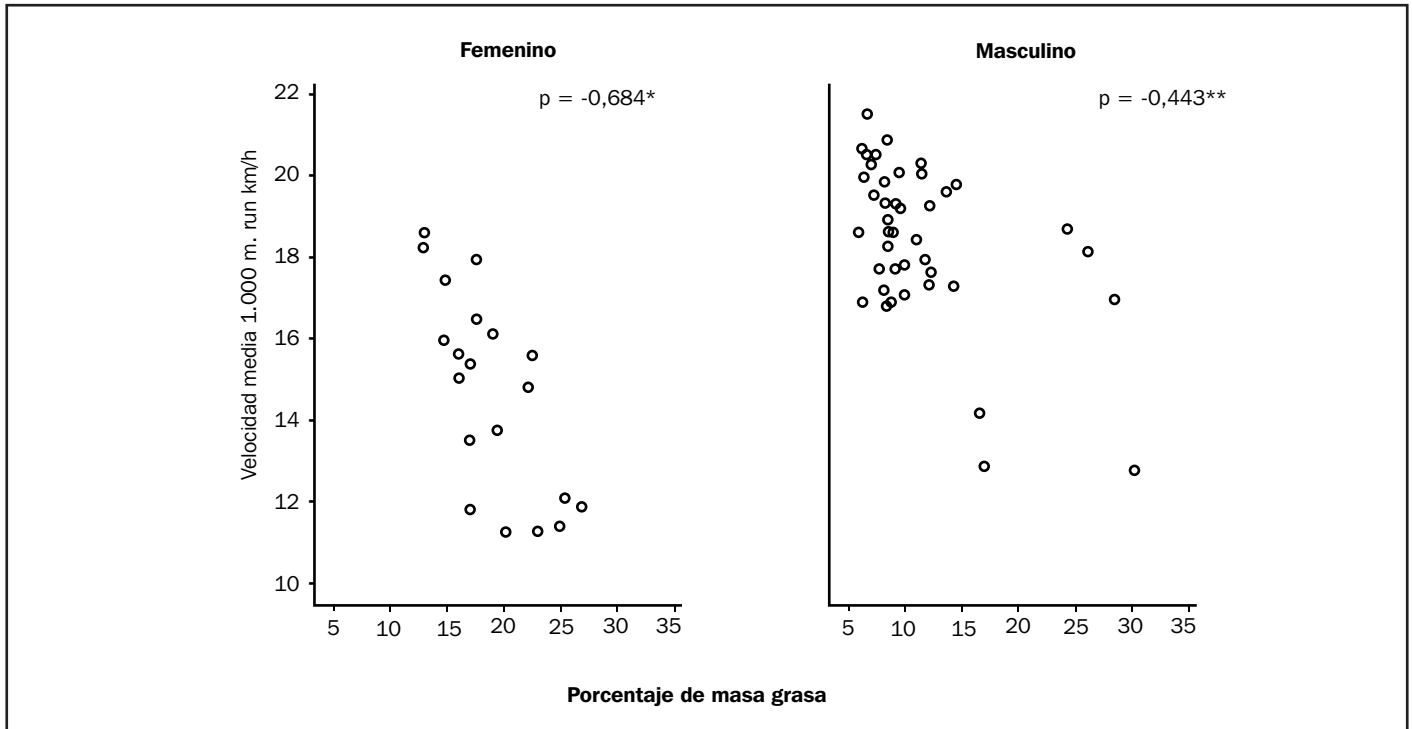
esta disciplina no sea tan relevante en este segmento. No obstante, los mayores valores de correlación en la potencia crítica absoluta del test de ciclismo se encontraron con las medidas básicas, especialmente con la masa corporal en chicos y chicas. Parece razonable que un mayor peso del triatleta facilite un mayor valor de potencia crítica absoluta. Sin embargo, no se sabe cómo afecta esto al rendimiento global en competición, por eso se discute más ampliamente la potencia crítica relativa al peso del triatleta, siendo la forma más fiable y válida³².

Figura 2. Relación entre el porcentaje de masa grasa del triatleta y la velocidad media en el test de natación de 400 metros según sexo.



ρ coeficiente de correlación de rangos de Spearman; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Figura 3. Relación entre el porcentaje de masa grasa del triatleta y la velocidad media en el test carrera de 1.000 metros según sexo.



ρ coeficiente de correlación de rangos de Spearman; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

En el test de carrera, el porcentaje de grasa se correlacionó negativamente con el rendimiento, especialmente los pliegues observados en el tríceps, bíceps, abdomen y pierna. Estos pliegues, destacablemente, son lo más sensibles al entrenamiento y la dieta³³. A pesar de que en este trabajo no se recogieron datos relacionados con la frecuencia y longitud de zancada, los resultados de los test de rendimiento en carrera a pie del presente trabajo en jóvenes triatletas no se relacionan con los resultados observados en adultos⁸, donde los triatletas más altos, tenían un mejor rendimiento global en triatlón por una mayor longitud de zancada.

Finalmente, se destacan como limitaciones del estudio que no se consideró el momento madurativo de los triatletas siendo éste de especial importancia para la obtención de conclusiones más sólidas, dados los resultados del presente trabajo. Además, el diseño del estudio no consideró otros factores que condicionan el desarrollo del talento deportivo tales como: factores psicológicos, sociales, edad relativa, etc.

Conclusiones

Los entrenadores y seleccionadores deportivos deberían considerar este estudio para su tarea diaria, considerando lo siguiente para jóvenes triatletas en fase de crecimiento:

- El factor envergadura favorece el rendimiento en natación, por lo que la comparación de dos sujetos en distintos estados madurativo producirá la pérdida de talento deportivo.
- El porcentaje de masa grasa es un factor determinante para el rendimiento en triatlón, también en jóvenes, lo que sugiere una buena formación y educación de hábitos alimenticios saludables y equilibrados para el control del peso óptimo individual.
- El momento madurativo del individuo vuelve a ser determinante, ya que el pico máximo de crecimiento establecerá un punto de inflexión con cambios significativos en las proporciones y somatotipo del deportista. Por eso, los entrenadores de jóvenes triatletas deben conocer y aplicar la fórmula validada para el cálculo del Pico Máximo de Crecimiento con un error estándar de ± 12 meses.
- Parece que el rendimiento en ciclismo, especialmente la potencia crítica relativa al peso, es el menos sensible al efecto de las características antropométricas, puede que debido a las distancias más cortas o al efecto del drafting, aunque no por ello menos importante para un buen resultado global.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

1. Cejuela-Anta R, Pérez-Turpin JA, Villa-Vicente JG, Cortell-Tormo JM, Rodríguez-Marroyo JA. An analysis of performance factors in sprint distance triathlon. *J Human Sport Exerc*. 2008;2:1-25.
2. Sleivert GG, Rowlands DS. Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Med*. 1996;22:8-18.
3. Canda AS, Castiblanco LA, Toro AN, Amestoy JA, Higuera S. (2014) Características morfológicas del triatlón según sexo, categoría y nivel competitivo *Apunts Med Sport*. 2014;49:75-84.
4. Lepers R, Knechtel B, Stapley PJ. Trends in triathlon performance: effects of sex and age. *Sports Med*. 2013;43:851-63.

5. Ackland, TR, Blanksby BA, Landers G, Smith D. Anthropometric profiles of elite triathletes. *J Sci Med Sport*. 1998;1:52-6.
6. Guillén L, Mielgo-Ayuso J, Norte-Navarro A, Cejuela R, Cabañas MJ, Martínez-Sanz JM. Composición corporal y somatotipo en triatletas universitarios. *Nutr Hosp*. 2015;32:799-807.
7. Pion J, Segers V, Fransen J, Debuyck G, Deprez D, Haerens L, et al. Generic anthropometric and performance characteristics among elite adolescent boys in nine different sports. *Eur J Sport Sci*. 2015;15:357-66.
8. Landers GJ, Blanksby BA, Ackland TR. The relationship between stride rates, lengths, and body size and their effect on elite triathletes' running performance during competition. *Int J Exerc Sci*. 2011;238-46.
9. Landers GJ, Blanksby BA, Ackland TR, Smith D. Morphology and performance of world championship triathletes. *Annals of human biology*. 2000;27:387-400.
10. Moreira MF, Morais JE, Marinho DA, Silva AJ, Barbosa TM, Costa, MJ. Growth influences biomechanical profile of talented swimmers during the summer break. *Sports Biomechanics*. 2014;13:62-74.
11. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med*. 2004;34:465-85.
12. Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Marfell-Jones M. *Protocolo Internacional para la valoración antropométrica (ISAK)*. Murcia. Universidad Católica de Murcia; 2019.
13. Slaughter M, Lohman T, Boileau R, Horswill C, Stillman R, Van Loan M, et al. Skinfold equation for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*. 1988;60:709-23.
14. Rocha M. S. L. Peso ósseo do brasileiro de ambos os sexos de 17 a 25 anos. *Arquivos de Anatomia e Antropología*. 1975;1:445-51.
15. Poortmans J, Boisseau N, Moraine J, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:316-22.
16. Cabañas-Armasilla M, Esparza-Ros F. *Compendio de cineantropometría*. Madrid: CTO Editorial; 2010.
17. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982;14:377-81.
18. Borg G, van den Burg M, Hassmen P, Kaijser L, Tanaka S. Relationships between perceived exertion, HR and HLa in cycling, running and walking. *Scan J Sports Sci*. 1987;9:69-77.
19. Bottoni A, Gianfeli A, Tamburri R, Faina M. Talent selection criteria for olympic distance triathlon. *J Human Sport Exerc*. 2011;6:293-304.
20. Chatard JC, Collomp C, Maglischo E, Maglischo C. Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *Int J Sports Med*. 1990;11:156-61.
21. Burnley M, Doust JH, Vanhatalo A. A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:1995-2003.
22. Barker AR, Bond B, Toman C, Williams CA, Armstrong N. Critical power in adolescents: physiological bases and assessment using all-out exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112:1359-70.
23. Díaz FJ, Montaña JG, Melchor MT, Humberto J, Tovar JA. Validación y confiabilidad de la prueba aeróbica de 1000 metros. *Rev Invest Clin*. 2000;52:44-51.
24. Lätt E, Jürimae J, Mäestu J, Purge P, Rämson R, Haljaste K, et al. Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *J Sports Sci Med*. 2010;9:398-404.
25. Morais JE, Silva AJ, Marinho DA, Lopes VP, Barbosa TM. Determinant factors of long-term performance development in young swimmers. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12:198-205.
26. Sammoud S, Nevill AM, Negra Y, Bougezezi R, Chaabene H, Hachana Y. 100-m breaststroke swimming performance in youth swimmers: The predictive value of anthropometrics. *Pediatr Exerc Sci*. 2018;30:393-401.
27. Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:689-94.
28. Hernández-Camacho JD, Huelva-Leal AB, Martínez-Sanz JM, Lahoz-Ruano MD, Vázquez-Carrión J. Peak height velocity and muscle mass in young soccer players *Rev Esp Nutr Hum Diet* 2018;22:219-26.
29. Sherar LB, Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Thomis M. Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *J Pediatr*. 2005;147:508-14.
30. Kovárová L, Kovár K. Verification of the model of predisposition in triathlon structural model of confirmative factor analysis. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica*. 2012;42:27-38.
31. Pons V, Riera J, Galilea PA, Drobnic F, Banquells M, Ruiz O. Características antropométricas, composición corporal y somatotipo por deportes Datos de referencia del CAR de San Cugat, 1989-2013. *Apunts Med Sport*. 2015;50:65-7
32. Allen H, Coogan A. *Entrenar y competir con potenciómetro*. Barcelona: Paidotribo 2014
33. Calbet J, Ortega F, Dorado C, Armegol O, Sarmiento L. Valoración antropométrica en ciclistas de alto nivel Estudio de una temporada. *Arch Med Deporte*. 1993;10:127-32.

Disfunciones ejecutivas del lóbulo frontal en el control de la atención a corto plazo tras el remate de cabeza en el fútbol femenino

Agustí Comella Cayuela^{1,2}, Silvia Alonso Vila¹, Joan Carles Casas-Baroy¹

¹Research group on Methodology, Methods, Models and Outcomes of Health and Social Sciences (M3O). Faculty of Health Sciences and Welfare. University of Vic-Central University of Catalonia (UVIC-UCC). ²Laboratorio fisiología del ejercicio de Bayés Esport, Clínica de Vic. Barcelona.

Recibido: 10/07/2019

Aceptado: 04/12/2019

Resumen

Introducción: El fútbol es actualmente el deporte más popular y de más rápido crecimiento en todo el mundo. El fútbol femenino no para de crecer y despierta en la actualidad un gran interés, pero la mayoría de las recomendaciones científicas para el juego femenino se han basado hasta ahora en investigaciones realizadas en hombres. El aumento creciente de la práctica del fútbol femenino hace necesario incluir estos tipos de estudios.

Objetivo: Fue valorar las funciones ejecutivas del lóbulo frontal en el control de la atención a corto plazo después de haber realizado 6 remates de cabeza con un balón inteligente, en jugadoras de fútbol adultas no profesionales.

Metodología: El diseño de estudio fue experimental de un grupo intervención con evaluación pre y post. El estudio constó de dos fases, en la primera fase se realizó la recogida de datos personales, la historia deportiva, las medidas antropométricas y se realizó el Test Stroop para evaluar las funciones ejecutivas del lóbulo frontal. En la segunda fase, se realizaron 6 remates de cabeza consecutivos desde una distancia de 28 metros y se volvió a realizar el test de Stroop. La muestra estuvo formada por 12 jugadoras, con una media de edad de 25,3 (DE=6,5 años) y un rango entre los 18 y 40 años. La media de años que llevaban jugando al fútbol en equipos federados fue de 6,5 (DE=2,35 años), practicando entre 7 y 10 horas semanales al fútbol.

Resultados y conclusiones: Los impactos repetidos al realizar los remates de cabeza con un balón de fútbol, cuando la velocidad es superior a los 62 km/h, producen cambios cognitivos significativos y específicos en jugadoras de fútbol femenino, inmediatamente después del remate; indicando una disrupción en las funciones cerebrales voluntarias, provocando alteraciones negativas en las funciones ejecutivas.

Palabras clave:

Lesiones cerebrales. Lesiones cabeza. Fútbol. Función ejecutiva. Corteza prefrontal. Test Stroop.

Key words:

Brain injuries. Head injuries. Football. Executive function. Prefrontal cortex. Stroop test.

Executive dysfunctions of the frontal lobe in the control of short-term attention after the heading in women's football players

Summary

Introduction: Football is currently the most popular and fastest growing sport in the world. Women's football players does not stop growing and currently arouses great interest, but most of the scientific recommendations for the female game have been based so far on research conducted in men. The increasing increase in the practice of women's football makes it necessary to include these types of studies.

Objective: To assess the executive functions of the frontal lobe in the control of short-term attention after having performed 6 heading shots with an intelligent ball, in non-professional adult football players.

Methodology: The study design was experimental of an intervention group with pre and post evaluation. The study consisted of two phases, in the first phase the collection of personal data, sports history, anthropometric measures was performed, and the Stroop Test was performed to evaluate the executive functions of the frontal lobe. In the second phase, 6 consecutive head shots were made from 28 meters and the Stroop test was carried out again. The sample consisted of 12 players, with an average age of 25.3 (SD = 6.5 years) and a range between 18 and 40 years. The average number of years they had been playing football in federated teams was 6.5 (SD = 2.35 years), practicing between 7 and 10 hours per week in football.

Results and conclusions: The repeated impacts when football heading, when the speed is higher than 62 km / h, produce significant and specific cognitive changes in female football players, immediately after the auction; indicating a disruption in voluntary brain functions, causing negative alterations in executive functions.

Correspondencia: Agustí Comella Cayuela

E-mail: agusti.comella@uvic.cat

Introducción

El fútbol es actualmente el deporte más popular y de más rápido crecimiento en todo el mundo. El fútbol femenino ha experimentado un crecimiento exponencial a todos los niveles en los últimos tiempos y despierta en la actualidad un gran interés. Según la Encuesta 2014 de la FIFA, 30 millones de mujeres juegan actualmente al fútbol en el mundo¹. La puesta en marcha de la Estrategia de la FIFA para el Fútbol Femenino traza el camino para alcanzar los 60 millones de jugadoras en 2026². En España, el número de mujeres federadas ha pasado de 11.300 en 2003³ a 60.329 en el 2017⁴. Al igual que en muchos deportes, el fútbol conlleva un riesgo inherente de lesiones, incluida la conmoción y subconmoción cerebral. Pero el fútbol es único en el uso del cabezazo y el remate de cabeza, un movimiento defensivo u ofensivo que se usa para impactar deliberadamente el balón y dirigirlo durante el juego. Durante los partidos, los jugadores cabecean el balón un promedio de 6-12 veces, donde la pelota alcanza altas velocidades, hasta 80 km/hora o más. En sesiones de entrenamiento, los remates y cabezazos, a menudo lanzados a baja velocidad, pueden producirse 30 veces o más⁵.

Aunque no todos los cabezazos en el fútbol producen una conmoción cerebral, estos impactos subconmocionales pueden comunicar aceleración, desaceleración y fuerzas de rotación en el cerebro, dejando déficits estructurales y funcionales⁶. La falta de atención, el rendimiento de la memoria y los resultados del aprendizaje verbal pueden ocurrir después de los impactos subconmocionales, y se han atribuido al daño en la sustancia blanca del cerebro y posibles secuelas neurodegenerativas crónicas⁷⁻⁹. Estas fuerzas impartidas al mesencéfalo, cuerpo calloso y fórnix pueden ser responsables de los síntomas de conmoción cerebral, como la pérdida de conciencia, la amnesia y la disfunción cognitiva. Incluso en los impactos menos graves, subconmocionales, existen fuerzas significativas que se transmiten a las estructuras profundas del cerebro medio y del tallo cerebral, lo que implica también lesiones^{9,10}.

Existe una preocupación creciente sobre las lesiones cerebrales relacionadas con el deporte y las posibles consecuencias a largo plazo; sin embargo, se ha puesto menos énfasis en los efectos acumulativos de los impactos subconmocionales repetitivos. Los impactos subconmocionales se definen como eventos similares a los que dan lugar a una conmoción cerebral o lesión cerebral traumática leve, pero aparentemente implican fuerzas de impacto o aceleraciones insuficientes para producir síntomas asociados con la conmoción cerebral⁷.

El efecto acumulativo de las colisiones repetitivas subconmocionales sobre la integridad estructural y funcional del cerebro sigue siendo en gran parte desconocido. Los atletas en deportes de colisión, como el fútbol, experimentan una gran cantidad de impactos en una sola temporada de juego⁷. Por otro lado, la mayoría de estos impactos producidos en el remate de cabeza no son apreciados como un factor causal de posibles lesiones, por lo que sus consecuencias a largo plazo siguen siendo poco estudiadas.

La mayoría de los estudios realizados en el fútbol se llevan a cabo en jugadores masculinos. En consecuencia, la mayoría de las recomendaciones científicas para el juego femenino se han basado hasta ahora en investigaciones realizadas en hombres, lo cual puede no ser

apropiado¹¹. El aumento creciente de la práctica del fútbol femenino hace necesario incluir estos tipos de estudios.

Se plantea la siguiente hipótesis de trabajo, los impactos repetidos al realizar cabezazos durante la práctica del fútbol no profesional, en la población adulta femenina, causa disfunciones ejecutivas del lóbulo frontal en el control de la atención a corto plazo.

El objetivo de nuestro estudio fue valorar las funciones ejecutivas del lóbulo frontal en el control de la atención a corto plazo después de haber realizado remates de cabeza con el balón, en jugadoras de fútbol adultas no profesionales.

Material y método

Sujetos

La población de estudio corresponde a las mujeres jugadoras de fútbol no profesional. La selección de las jugadoras que participaron en el estudio se realizó a partir de un muestreo intencional, seleccionadas de entre el equipo senior femenino del CF Arenys de Mar (Barcelona), según los siguientes criterios de inclusión y exclusión. Fueron incluidas las que voluntariamente aceptaron participar en el estudio y que estaban federadas y fueron excluidas del estudio las jugadoras con traumatismos craneoencefálicos y conmociones previas y enfermedades agudas y crónicas.

En primer lugar, se solicitó la autorización del club de fútbol y posteriormente se informó a las jugadoras del objetivo de estudio y se solicitó la firma del consentimiento informado para participar de forma voluntaria y bajo la ley de protección de datos, asegurando en todo momento el anonimato y la confidencialidad de las informaciones.

Diseño y procedimiento

El diseño del estudio fue experimental de un grupo intervención con evaluación pre y post. El estudio constó de dos fases, en la primera fase se realizó la recogida de variables sociodemográficas y relacionadas con la práctica deportiva (historia deportiva, años de práctica de fútbol federado, posición predominante en el terreno de juego, total de horas semanales de práctica de fútbol y frecuencia del remate de cabeza durante un partido) y las medidas antropométricas. Posteriormente se realizó el test de Stroop, sin interferencia (efecto Stroop apagado) registrando el número de errores y la velocidad de ejecución; test de Stroop con interferencia (efecto Stroop encendido) registrando el número de errores y la velocidad de ejecución.

En la segunda fase, se realizaron 6 remates de cabeza consecutivos desde una distancia de 28 metros. Se optó por 6 remates de cabeza porque es la media de remates de cabeza que se realizan durante un entrenamiento¹². Además, los remates consecutivos facilitan la aparición de subconmoción. Todos los chuts fueron realizados por la misma persona, intentando, en lo posible, que todos los disparos fueran similares en velocidad. Las variables recogidas con el balón inteligente fueron la velocidad de la pelota en km/h, el giro en r.p.m. en el momento del remate y el tiempo total de remate. Inmediatamente después se volvió a realizar el Test de Stroop, sin interferencia y con interferencia, registrando el número de errores y la velocidad de ejecución.

Test Stroop

El test fue desarrollado por Ridley Stroop¹³; evalúa la velocidad de procesamiento del componente de inhibición de las funciones ejecutivas, la capacidad del sujeto para inhibir una respuesta automática y para seleccionar una respuesta en base a un criterio arbitrario¹⁴. Utilizando el test de Stroop para producir inhibiciones de respuesta, errores de comisión frecuentes y la oportunidad de una corrección conductual posterior, se identifican las distintas áreas corticales asociadas con cada uno de estos procesos ejecutivos específicos¹⁵.

Para medir la capacidad de inhibición se utilizan acciones basadas en interferencias. Se han desarrollado numerosas versiones del Test de Stroop. Para realizar nuestro estudio utilizamos una aplicación para smartphone, EncephalApp-Stroop basada en la adaptación de la prueba clásica. Consiste en un test de colores y palabras, en que el sujeto lee nombres de colores puestos al azar y han de seleccionar siempre el color del signo que se presenta (verde, azul y rojo), tiene 2 condiciones diferentes: 1- Sin interferencia (efecto Stroop apagado). Se muestra el signo # de color sin ningún significado, no se produce ninguna interferencia. 2- Interferencia (efecto Stroop encendido). Aparecen las palabras verde, azul y rojo escritas con los tres posibles colores de forma aleatoria (Figura 1). Se ha de seleccionar el color en que están escritas, no el significado de la palabra escrita. De este modo se produce una interferencia, en la cual aparece el componente inhibitorio de las funciones ejecutivas.

Cuando no aparece el efecto Stroop, se trata más de un acto reflejo hacia la consecución del objetivo. Mientras que cuando existe el efecto Stroop implica la aparición de inhibir el acto reflejo hacia el objetivo al que se dirigía inicialmente, entonces se genera un nuevo objetivo implicando un acto voluntario, efecto de interferencia color-palabra¹⁴.

El test se desarrolla a partir de realizar 7 mediciones consecutivas, las dos iniciales no se contabilizaron los errores y sirvieron para familiarizar a la jugadora y reducir el efecto aprendizaje que se podría ver reflejado en el post-test.

Al finalizar el test, la propia aplicación calcula el tiempo de cada una de las fases, la velocidad total de cada condición y registra el número de errores.

Balón inteligente

El balón inteligente Adidas Smart Ball miCoach, dispone de sensores en su interior que nos ofrece los datos sobre cada lanzamiento, enviando

Figura 1. Efecto Stroop apagado (sin interferencia) y efecto Stroop encendido (con interferencia).



estos datos a un dispositivo iOS mediante tecnología Bluetooth 4.0. Esta pelota tiene el mismo peso y tamaño que la pelota estándar de fútbol, con un peso de 450 g y 68,6 cm de diámetro. En nuestro estudio registramos la velocidad del balón en km/h, los giros en rpm y la trayectoria del lanzamiento hasta el impacto con la frente de la jugadora.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos han sido analizados estadísticamente. Inicialmente se ha realizado el análisis descriptivo: para las variables cuantitativas se han utilizado los indicadores de media, desviación estándar, rango y se presentan los intervalos de confianza al 95%, siempre que la variable sea una distribución normal. Para las comparaciones de dos medias se ha empleado la prueba T de Student-Fisher para grupos independientes, dada la normalidad de las distribuciones. Se ha utilizado el análisis del Modelo Lineal General (MLG) para estudiar diferencias de medias con medidas repetidas y se ha realizado un análisis multivariable a partir de las medias del número de errores extraídos en el post-test. Se ha asumido un riesgo de error alfa del 5%.

Se han analizado las diferencias de las velocidades medias y errores extraídos en el pre-test y post-test, teniendo en cuenta el efecto Stroop apagado y encendido. También, se ha detallado las velocidades registradas de cada una de las fases del post-test, así como los en qué fase se han localizado los errores cometidos. Por último, se ha establecido correlaciones entre las variables de las jugadoras que conforman la muestra con la cantidad de errores extraídos, así como la correlación entre la velocidad de la pelota, km/h, con los errores del post-test.

Resultados

La muestra estuvo formada por 12 jugadoras, con una media de edad de 25,3 (DE=6,5 años) y un rango entre los 18 y 40 años. La media de años que llevaban jugando al fútbol en equipos federados fue de 6,5 (DE=2,35 años), practicando entre 7 y 10 horas semanales al fútbol.

Características sobre el lanzamiento del balón

Los resultados obtenidos del balón inteligente fueron los siguientes: la velocidad media alcanzada por el balón en el momento del impacto fue de 62,5 Km/h (IC95%: 57,8 - 67,7 km/h), la media de las revoluciones por minuto fue de 373 rpm (IC95%: 286 - 446 rpm). El tiempo medio empleado para realizar los 6 remates de cabeza fue de 2,55 min (IC95%: 2,03 - 3,38 min).

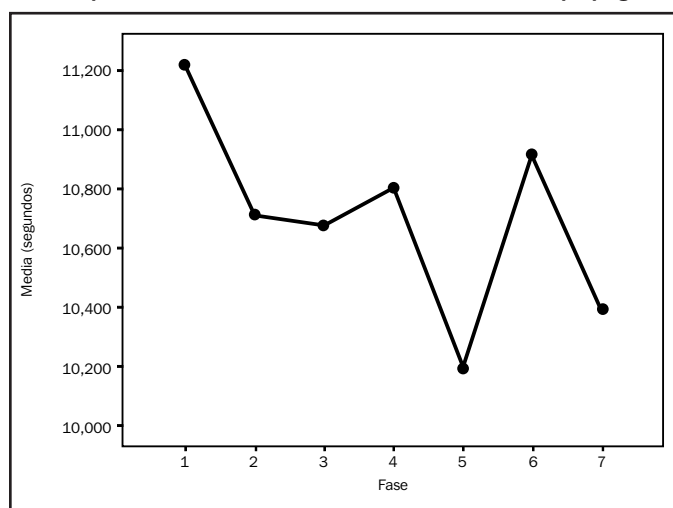
Velocidad de respuesta del Test Stroop

Al comparar la velocidad en el tiempo medio de respuesta, expresado en segundos (s), del test con el efecto Stroop apagado (sin interferencia), antes del remate fue 10,8 s (IC 95%: 9,8 - 12,6 s) y después del remate de 10,7 s (IC 95%: 9,4 - 12,0 s), no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,737$). Tampoco se observaron diferencias ($p = 0,302$) con el efecto Stroop encendido (con interferencia), antes del remate fue 12,0 s (IC95%: 9,5 - 13,3 s) y después del remate de 11,7 s (IC 95%: 9,9 - 13,2 s) (Tabla 1).

Tabla 1. Velocidad de respuesta en el test de Stroop con y sin interferencia.

	Pretest		Post test		Diferencia
	Media (s)	IC95%	Media (s)	IC95%	T-test Student-Fischer
Stroop sin interferencia	10,8	9,8 - 12,6	10,7	9,4 - 12,0	p= 0,737
Stroop con interferencia	12,0	9,5 - 13,3	11,7	9,9 - 13,2	p= 0,302

Figura 2. Velocidad de respuesta, en segundos, en cada fase del test después del remate de cabeza con el efecto Stroop apagado.



Al analizar la velocidad de respuesta en cada fase del test después del remate de cabeza con el efecto Stroop apagado (sin interferencia), se observaron diferencias significativas entre las fases 1-2, 1-5, 1-7, 4-5 y 5-6 ($F=7,39$; $gl=6,0$; $p=0,014$) (Figura 2), lo cual indica que la velocidad de respuesta en el efecto Stroop sin interferencia se reduce según transcurren las diferentes fases. La reducción más elevada en el tiempo de respuesta se encontró entre la fase 1 (11,2 s) y la fase 2 (10,7s) ($p=0,018$).

Respecto a la velocidad de respuesta con el efecto Stroop encendido (interferencia) tuvo un comportamiento muy variable en cada fase, sin observarse diferencias estadísticamente significativas entre ellas (Figura 3), lo cual indica que la velocidad de respuesta en el efecto Stroop con interferencia, es independiente del tiempo transcurrido después del remate.

Número de errores en el Test Stroop

Respecto al número de errores cometidos antes del remate de cabeza con el efecto Stroop apagado (sin interferencia) se obtuvo una media de 0,42 errores (IC 95%:0-2 errores). Después del remate, la

Figura 3. Velocidad de respuesta, en segundos, en cada fase del test después del remate de cabeza con el efecto Stroop encendido.

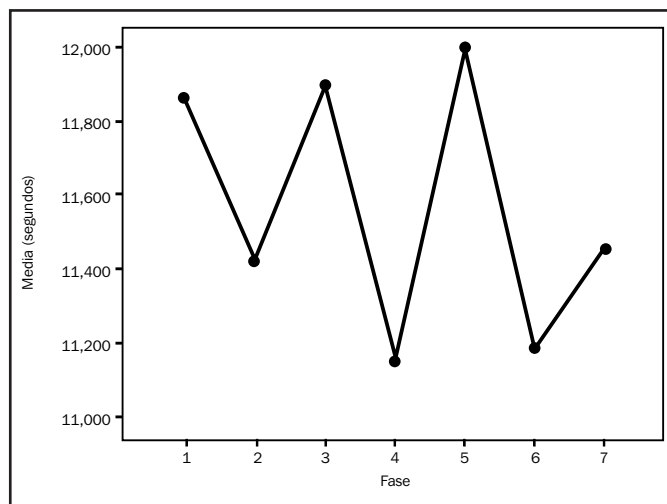


Tabla 2. Media del número de errores en la respuesta con el test de Stroop con y sin interferencia.

	Pretest		Post test		Diferencia
	Media errores	IC95%	Media errores	IC95%	T-test Student-Fischer
Stroop sin interferencia	0,42	0 - 2	0,75	0 - 2	p= 0,220
Stroop con interferencia	0,50	0 - 2	1,5	0 - 3	p=0,015

media de errores fue 0,75 errores (IC 95%: 0-2 errores). No se observaron diferencias significativas entre ambas situaciones, antes y después ($p=0,220$). Respecto al número de errores con el efecto Stroop encendido (interferencia), la media antes del remate fue de 0,50 errores (IC95%: 0-2 errores) y de 1,5 errores (IC 95%: 0-3 errores) después del remate de cabeza, observándose un incremento estadísticamente significativo en el número de errores después del remate ($p=0,015$) (Tabla 2).

Al analizar el número de errores en las respuestas en función del momento o fases dónde estos se producen con el efecto Stroop sin interferencia, observamos que aparecen en la fase 1 se obtiene una media de 0,25 errores, en la fase 2 una media de 0,33 errores y en la fase 3 de 0,17 errores. A partir de la fase 4 hasta la 7 no se realizó ningún error, apreciándose diferencias estadísticamente significativas en cuanto al número de errores en las fases ($F=5,2$; $gl= 9,0$; $p=0,024$). Es a partir de la fase 2 donde se localizan los mayores números de errores, disminuyendo de forma significativa (Figura 4).

Al analizar el número de errores en las respuestas en función del momento o fases dónde estos se producen con el efecto Stroop con interferencia, se apreciaron diferencias significativas ($F=8,75$; $gl= 7,0$; $p=0,007$) entre las fases siguientes: en la fase 1 la media fue de 0,36

Figura 4. Media de errores en cada fase del test después del remate de cabeza con el efecto Stroop apagado.

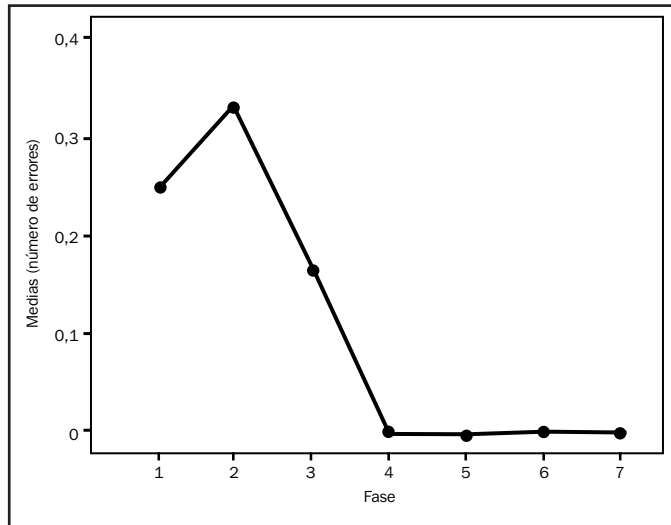


Figura 5. Media de errores en cada fase del test después del remate de cabeza con el efecto Stroop encendido.

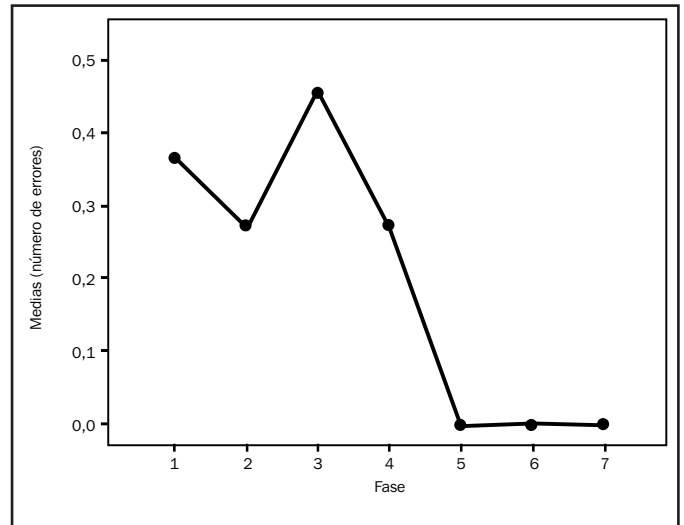


Tabla 3. Velocidad de respuesta según la velocidad del balón.

Velocidad balón	Test Stroop	Velocidad de respuesta (s)	Diferencia (s)	IC 95% de la diferencia		T-test Student-Fisher
				Inferior	Superior	
≤62 km/h	Sin interferencia	10,58	-1,10	-1,69	-0,52	p=0,005
	Con interferencia	11,68				
>62 km/h	Sin interferencia	10,86	-0,78	-1,42	-0,15	p=0,025
	Con interferencia	11,65				

errores, en la fase 2 de 0,27 errores, en la fase 3 de 0,45 errores, en la fase 4 de 0,27 errores y a partir de la fase 5 hasta la 7 no se produjo ningún error. Las diferencias más destacables se observaron entre la fase 1 y la fase 3, después el número de errores disminuye hasta llegar a 0 en la fase 5 (Figura 5).

Velocidad del balón y número de errores

Al correlacionar la velocidad del balón durante el remate y el número de errores cometidos con el efecto Stroop encendido, se observó una asociación moderada estadísticamente significativa ($r=0,59$; $p=0,043$), cuanto mayor fue la velocidad, mayor número de errores se cometieron. En cambio, con el efecto Stroop apagado no mostró ninguna correlación. Al categorizar la velocidad del balón en dos grupos, más de 62 km/h respecto el resto, se observa que cuando la velocidad del balón supera los 62 km/h se asocia de forma significativa con un mayor número de errores en el test ($r=0,95$; $p=0,003$), no estableciéndose esta relación cuando la velocidad del balón es inferior.

Velocidad del balón y velocidad de respuesta

Al relacionar la velocidad del balón con la velocidad de respuesta en el test de Stroop, apagado y encendido, no se observó ninguna asociación estadísticamente significativa.

Si el análisis se realiza categorizando la velocidad del balón en dos grupos, más de 62 km/h respecto el resto, al comparar la velocidad de respuesta en el test de Stroop apagado y encendido, se observó diferencias estadísticamente significativas entre ambos. La velocidad de respuesta es más rápida con el efecto Stroop apagado, sin interferencia, además es independiente de la velocidad del balón (Tabla 3).

Número de revoluciones por minuto del balón y errores en la respuesta

Las revoluciones por minuto (rpm) del balón no mostraron ninguna correlación con el número de errores cometidos ($r=0,20$; $p=0,52$), ni con el efecto Stroop encendido ($r=0,16$; $p=0,62$) y con el efecto apagado ($r=0,06$; $p=0,84$).

Errores y velocidad de respuesta

Al analizar la relación entre el número de errores y la velocidad de respuesta en cada etapa del test de Stroop encendido y apagado, no se observó relación estadística. En número de errores no se asocia a la velocidad de reacción. Al analizar la relación entre el número de errores y la velocidad de respuesta en la fase posterior con el test de Stroop encendido y apagado, no se observó relación estadística entre ambas variables en ninguna de las 7 fases. El tiempo de reacción en la

ejecución del test siguiente, no se relaciona con los errores cometidos previos con o sin inferencia.

Respecto al tiempo empleado en la ejecución de todos los cabezazos, tampoco se observó ninguna correlación con el número de errores ($r=0,11$; $p=0,74$), ni con el efecto Stroop encendido ($r=-0,07$; $p=0,83$) ni con el efecto apagado ($r=-0,10$; $p=0,76$).

Finalmente, la edad tampoco mostró ninguna correlación con el número de errores ($r=-0,26$; $p=0,41$), tampoco los años que llevan jugando en un equipo federado ($F=1,17$; $p=0,35$), ni la posición en que juegan en el campo ($F=0,04$; $p=0,96$) y ni en el número de veces que cabecean ($F=0,304$; $p=0,59$).

Discusión

En nuestro estudio hemos observado que los impactos repetidos al rematar el balón de fútbol con la cabeza producen una disrupción en las funciones cerebrales voluntarias. Cuando la velocidad del balón es superior a los 62 km/h se producen cambios cognitivos significativos y específicos en jugadoras de fútbol femenino, presentándose inmediatamente después del remate. Se observa una alteración negativa en el procesamiento del componente de inhibición de las funciones ejecutivas, la capacidad del sujeto para inhibir una respuesta automática hacia el objetivo al que se dirigía inicialmente y generar una corrección conductual en la respuesta, implicando un acto voluntario (efecto Stroop) y un conflicto de respuesta.

Los estudios con neuroimagen sugieren que los síntomas neurocognitivos son debidos a la lesión microestructural y metabólica acumulada en el cerebro, a causa de la exposición a golpes repetitivos en la cabeza^{16,17}. La fuerza del impacto provoca una subconmoción en la corteza cerebral, que posiblemente altera el neurometabolismo y la conectividad funcional, como sugiere Svaldi DO¹⁸, encontrando una disminución en la reactividad cerebrovascular en mujeres futbolistas, precediendo a los síntomas neurocognitivos. Rodrigues AC¹⁹ y Bigler ED²⁰ proporcionan evidencias preliminares de la relación entre la exposición al impacto en la cabeza y los cambios estructurales y funcionales en el cerebro. Koerte IK²¹; encontró diferencias en la integridad de la materia blanca en jugadores de fútbol y que sugiere una posible desmielinización a causa de una neuroinflamación. Las regiones más afectadas son la sustancia blanca orbitofrontal derecha, el genu y la porción anterior del *corpus callosum*, las fibras de asociación que involucran el fascículo fronto-occipital inferior bilateral, las radiaciones ópticas, el cíngulo anterior bilateral y superior derecho, además de la corona radiata, la capsula interna y el giro frontal superior. Las regiones cerebrales que presentan cambios en la reactividad cerebrovascular más persistentes son las regiones frontales dorsolaterales²² y frontotemporal¹⁸. Todas estas regiones cerebrales son las responsables del procesamiento de las señales de entrada y de las funciones ejecutivas de respuesta. En una amplia muestra de jugadores de fútbol juveniles con conmociones cerebrales previas, no hubo evidencia de efectos negativos sobre la cognición y ninguna evidencia de diferencias en relación al sexo²³.

Los cerebros masculino y femenino muestran diferencias anatómicas, funcionales y bioquímicas en todas las etapas de la vida^{24,25}. En los cerebros femeninos, las neuronas se agrupan con fuerza, de modo que

ciertas capas de la corteza cerebral están más densamente pobladas. Algunas mujeres incluso tienen hasta 12% más neuronas que los hombres²⁶. Aunque los volúmenes cerebrales son mayores en los hombres, la proporción de materia gris / blanca es más alta en los lóbulos frontal, temporal, parietal, occipital, la circunvolución cingulada e ínsula en las mujeres respecto a los hombres^{25,27}. Estas diferencias regionales pueden estar relacionadas con la distribución de los receptores de estrógenos y andrógenos. El flujo sanguíneo cerebral global es más alto en las mujeres que en los hombres, mientras que el metabolismo cerebral global es equivalente²⁵. Los resultados sugieren que la unidad funcional cortical tiene una relación diferente de entrada y componentes de salida en hombres y mujeres que podrían tener implicaciones para las diferencias de sexo en la cognición y el comportamiento²⁶.

Un hecho destacable es la velocidad del balón. Lewis ML *et al*²⁸ observaron que los jugadores están expuestos a una fuerza de aceleración media de 49 G al cabecear el balón a una velocidad de 39,3 millas por hora (63 km/hora). La exposición a golpes repetitivos en la cabeza presenta el riesgo de cambios microestructurales y funcionales en el cerebro¹⁷. Nuestros resultados sugieren que los impactos del balón a más de 62 km/h provocan subconmociones, alterando la calidad de la respuesta y empeorando los resultados del test.

Estos impactos pueden producir cambios en el flujo sanguíneo cerebral, neurometabólicos y en la conectividad cortico-subcortical y subcortical-subcortical, produciéndose una disociación entre la corteza prefrontal dorsolateral, implicada en la inhibición de la respuesta y la corteza cingulada anterior que afecta al control de la atención, papel importante en el procesamiento regulativo del conflicto perceptual y en la detección del conflicto de respuesta²⁹⁻³¹, dificultando la planificación de la respuesta de las funciones ejecutivas. En consecuencia, los errores de comisión se deberían a una activación tardía, en lugar de una baja actividad de estas mismas áreas de inhibición de la respuesta como sugiere Garavan H, *et al*¹⁵. Hemos observado que la restauración de la conectividad y del tiempo de activación de la respuesta se recuperan a partir de la segunda fase del test.

En cambio, cuando no aparece el conflicto de respuesta, se trata más de un acto reflejo hacia la consecución del objetivo, no se ve afectado por la velocidad del balón. En la automatización de la respuesta, se produce un aprendizaje de la aparición del conflicto de respuesta. En las tareas irrelevantes (efecto Stroop apagado) cuando no es necesaria la implicación de inhibición, no se produce una interferencia con la ejecución de la tarea y esto nos hace sospechar de la no implicación de la corteza prefrontal dorsolateral.

Por lo que respecta a los errores en las ejecuciones de los tests, no se observó la existencia de relación entre el número de errores y la edad de la jugadora, ni los años que llevan jugando, ni la posición en la que juega y ni la frecuencia de cabezazos. Pero el efecto negativo agudo, inmediato, sobre las funciones ejecutivas es evidente. Parece ser que no se producen efectos acumulativos de subconmociones entre nuestras jugadoras, a consecuencia del remate de cabeza en las funciones ejecutivas. Un historial de conmoción cerebral se asocia con un mayor riesgo de la depresión clínicamente diagnosticada y los síntomas depresivos, pero no está claro si estos hallazgos son generalizables más allá de los ex jugadores de fútbol profesionales masculinos³². En jugadores de fútbol se ha observado un mayor adelgazamiento cortical con la edad

y un deterioro cognitivo temprano como consecuencia al impacto repetitivo del balón³³. Para evitar la posibilidad de un efecto negativo acumulativo crónico al cabecear el balón, se propusieron diferentes recomendaciones y la técnica de juego correcta³⁴.

Los resultados de nuestro estudio sugieren evitar los fuertes impactos con la cabeza al balón y los remates sucesivos; se tiene que limitar la carga acumulada a lo largo de la temporada, tanto durante los entrenamientos como en los partidos. También es necesario un periodo de descanso después de la temporada de competición para mantener un buen estado de salud cerebral. Las evidencias de un efecto negativo en la funcionalidad cerebral se han de tener presentes para realizar recomendaciones en la práctica deportiva escolar.

Las conclusiones obtenidas en la presente investigación deben ser adoptadas con la cautela necesaria, dado que los resultados provienen de una muestra pequeña de 12 efectivos, lo cual es una limitación del estudio. No obstante, los resultados apuntan en la misma dirección que otras investigaciones y a la vez sugieren que debemos seguir investigando, con lo cual se va a aumentar el número de efectivos para las siguientes investigaciones. Existen también otra limitación inherente al diseño de estudio, como la no aleatorización en la selección de las participantes y la inclusión de un grupo de control, que fueron considerados, pero no fueron posibles llevar a cabo. Se necesitan estudios prospectivos para evaluar relación de los impactos subconmocionales acumulados con las funciones cognitivas y la salud mental en jugadoras de fútbol, tanto federadas como aficionadas. La falta de estudios en jugadoras, a medio y largo plazo, no nos permite conocer las consecuencias en el futuro de los impactos en la cabeza y los síntomas neurocognitivos debidos a la lesión microestructural y metabólica acumulada en el cerebro.

Agradecimientos

A la dirección del CF Arenys de Mar y a las jugadoras del equipo senior femenino.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de intereses alguno.

Bibliografía

- Más de 30 millones de mujeres juegan al fútbol en todo el planeta - Revista Líderas. Disponible en: <http://www.revistalideras.com/mas-de-30-millones-de-mujeres-juegan-al-futbol-en-todo-el-planeta/> (consultado 03/07/2019).
- Fútbol femenino en la FIFA - Estrategia de Fútbol Femenino - FIFA.com. <https://es.fifa.com/womens-football/strategy/>. (consultado 04/07/2019).
- Femenino Archives - World Football Summit 2017. Disponible en: <http://worldfootballsummit.com/tag/femenino/>. (consultado 03/12/2017).
- Estadística de deporte federado. Disponible en: http://www.mecd.gob.es/dam/jcr:79ce5fb6-29a0-4b9b-950a-85b3f9c25c46/Estadistica_Deporte_Federado_2017.pdf. (consultado 12/06/2018).
- Spiotta AM, Bartsch AJ, Benzel EC. Heading in soccer: Dangerous play? *Neurosurgery*. 2012;70:1-11.
- Bretzin AC, Mansell JL, Tierney RT, McDevitt JK. Sex differences in anthropometrics and heading kinematics among division i soccer athletes. *Sports Health*. 2017;9:168-73.
- Slobounov S, Walter A, Breiter H, Zhu D, Bai X, Bream T, et al. The effect of repetitive subconcussive collisions on brain integrity in collegiate football players over a single football season: A multi-modal neuroimaging study. *NeuroImage Clin*. 2017;14:708-18.
- Niogi S, Mukherjee P, Ghajar J, Johnson C, Kolster R, Lee H, et al. Structural dissociation of attentional control and memory in adults with and without mild traumatic brain injury. *Brain*. 2008;131:3209-21.
- Dashnaw ML, Petraglia AL, Bailes JE. An overview of the basic science of concussion and subconcussion: where we are and where we are going. *Neurosurg Focus*. 2012;33:1-9.
- Pellman EJ, Viano DC, Tucker AM, Casson IR, Waeckerle JF. Concussion in professional football: reconstruction of game impacts and injuries. *Neurosurgery*. 2003;53:799-812.
- Salud femenina - FIFA.com. <http://es.fifa.com/womens-football/womens-health.html>. Accessed December 3, 2017.
- Zhang MR, Red SD, Lin AH, Patel SS, Sereno AB. Evidence of cognitive dysfunction after soccer playing with ball heading using a novel tablet-based approach. *PLoS One*. 2013;8:8-11.
- Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*. 1935;18:643-62.
- Ardila A. Función Ejecutiva: fundamentos y evaluación. Miami, Florida International University; 2013. p. 9-10.
- Garavan H, Ross TJ, Murphy K, Roche RAP, Stein EA. Dissociable executive functions in the dynamic control of behavior: Inhibition, error detection, and correction. *NeuroImage*. 2002;17:1820-9.
- Lipton M, Kim N, Zimmerman M, Kim M, Stewart W, Branch C, et al. Soccer heading is associated with white matter microstructural and cognitive abnormalities. *Radiology*. 2013;268:850-7.
- Mainwaring L, Penneck KF, Mylathathula S, Alavie BZ. Subconcussive head impacts in sport: A systematic review of the evidence. *Inter. J. Psychophysiol*. 2018;132:39-54.
- Svaldi DO, McCuen EC, Joshi C, Robinson ME, Nho Y, Hannemann R, et al. Cerebrovascular reactivity changes in asymptomatic female athletes attributable to high school soccer participation. *Brain Imaging Behav*. 2017;11:98-112.
- Rodrigues AC, Lasmar RP, Caramelli P. Effects of soccer heading on brain structure and function. *Front Neurol*. 2016;7:38.
- Bigler ED. Structural neuroimaging in sport-related concussion. *Int J Psychophysiol*. 2018;132: 105-23.
- Koerte IK, Ertl-Wagner B, Reiser M, Zafonte R, Shenton ME. White matter integrity in the brains of professional soccer players without a symptomatic concussion. *JAMA*. 2012;308:1859-61.
- Chan S, Evans KC, Rosen BR, Song T, Kwong KK. A case study of magnetic resonance imaging of cerebrovascular reactivity: A powerful imaging marker for mild traumatic brain injury. *Brain Inj*. 2015;29:403-7.
- Brooks BL, Silverberg N, Maxwell B, Mannix R, Zafonte R, Berkner P, et al. Investigating effects of sex differences and prior concussions on symptom reporting and cognition among adolescent soccer players. *Am J Sports Med*. 2018;46:961-8.
- Zaidi ZF. Gender differences in human brain: A Review. *Open Anat J*. 2010;2:37-55.
- Cosgrove KP, Staley JK. Evolving knowledge of sex differences in brain structure, function and chemistry. *Biol Psychiatry Biol Psychiatry*. 2007;15:847-55.
- Witelson SF, Glezer II, Kigar DL. Women have greater density of neurons in posterior temporal cortex. *J Neurosci*. 1995;15:3418-28.
- Allen JS, Damasio H, Grabowski TJ, Bruss J, Zhang W. Sexual dimorphism and asymmetries in the gray-white composition of the human cerebrum. *NeuroImage*. 2003;18:880-94.
- Lewis LM, Naunheim R, Standeven J, Laurysen C, Richter C, Jeffords B. Do football helmets reduce acceleration of impact in blunt head injuries? *Acad Emerg Med*. 2001;8:604-9.
- Kim C, Kroger JK, Kim J. A functional dissociation of conflict processing within anterior cingulate cortex. *Hum Brain Mapp*. 2011;32:304-12.
- Botvinick MM, Carter CS, Braver TS, Barch DM, Cohen JD. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev*. 2001;108:624-52.
- Critchley HD, Tang J, Glaser D, Butterworth B, Dolan RJ. Anterior cingulate activity during error and autonomic response. *NeuroImage*. 2005;27:885-95.
- Hutchison MG, Di Battista AP, McCoskey J, Watling SE. Systematic review of mental health measures associated with concussive and subconcussive head trauma in former athletes. *Int J Psychophysiol*. 2018;132:55-61.
- Koerte I, Mayingier M, Muehlmann M, Kaufmann D, Lin A, Steffinger D, et al. Cortical thinning in former professional soccer players. *Brain Imaging Behav*. 2016;10:792-8.
- Bunc G, Ravnik J, Velnar T. May heading in soccer result in traumatic brain injury? A review of literature. *Med Arch (Sarajevo, Bosnia Herzegovina)*. 2017;71:356-9.

Crioterapia compresiva como estrategia de recuperación muscular no farmacológica y sin efectos adversos en baloncesto

Diego Fernández-Lázaro¹, Juan Mielgo-Ayuso², Alberto Caballero-García³, Alfredo Córdova Martínez², Jesús Seco-Calvo⁴, César I. Fernández-Lázaro^{1,5}

¹Departamento de Biología Celular, Histología y Farmacología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Campus de Soria. Soria. ²Departamento de Bioquímica Biología Molecular y Fisiología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Campus de Soria. Soria. ³Departamento de Anatomía y Radiología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Campus de Soria. Soria. ⁴Instituto de Biomedicina (IBIOMED). Departamento de Fisioterapia. Universidad de León. Campus Vegazana. León. ⁵Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. IdiSNA. Pamplona.

Recibido: 13/09/2019
Aceptado: 23/12/2019

Resumen

Introducción: Tanto la inmersión en agua fría como las prendas de compresión han sido usadas rutinariamente para acelerar la recuperación después del ejercicio, sin embargo, hay una falta de conocimiento del uso de ambas técnicas de forma simultánea. *Pressurice Compressport*, es una herramienta simple, no farmacológica y carente de efectos secundarios que permite aplicar la crioterapia compresiva (CC).

Objetivo: Investigar el efecto crónico del *Pressurice Compressport*, tras cada partido, y sesión de entrenamiento, sobre los marcadores de daño muscular, la fuerza muscular y la fatiga.

Métodos: Un diseño de cohorte prospectivo. En 24 jugadores de baloncesto masculinos divididos en dos grupos, recuperación (RP) (n=12) y control (GC) (n=12). Los marcadores séricos del metabolismo muscular, la fuerza de cuádriceps (FC) y los valores de esfuerzo percibido (RPE) por escala de Borg CR10, se midieron en 3 momentos del estudio: a) día 1, (T1); b) día 28 (T2) y c) día 56 (T3). La CC se aplicó inmediatamente después de cada partido y entrenamiento.

Resultados: Se observó una disminución progresiva de todos los marcadores de daño muscular al final de la pre-temporada en el grupo RP. Por el contrario, en el GC aumentaron y fueron significativas para la creatina quinasa (CK) (T1 vs. T3 p<0,05). El curso temporal de la mioglobina (Mb) en el grupo RP (p>0,05), siguió un patrón diferente al GC (p<0,05). En RP los RPE disminuyeron significativamente (p<0,05) en todos los puntos del estudio. La FC fue mayor en el RP que en el GC, además se obtuvieron ganancias a lo largo de la pre-temporada en RP y una disminución en GC.

Conclusión: La CC es potencialmente capaz de promover la recuperación del daño muscular asociada con la competición y el entrenamiento, con reducciones en los marcadores del daño muscular, mejoras de la fuerza muscular y disminución significativa RPE.

Palabras clave:

Recuperación. Daño muscular. Baloncesto. Crioterapia. Prendas de compresión. Medicina deportiva.

Compressive cryotherapy as a non-pharmacological muscle recovery strategy with no adverse effects in basketball

Summary

Introduction: Both cold water immersion and compression garments have been routinely used to speed recovery after exercise, however, there is a lack of knowledge of applying both techniques simultaneously. *Pressurice Compressport*, which is a simple tool, non-pharmacological and free of side effects that allows the application of compressive cryotherapy (CC).

Objective: To investigate the chronic effect of *Pressurice Compressport*, after each match and training session, on the markers of muscle damage, muscle strength and fatigue.

Methods: A prospective cohort design. In 24 male basketball players divided into two groups, recovery (RP) (n=12) and control (GC) (n=12). Serum markers of muscle metabolism, quadriceps strength (FC) and perceived effort values (RPE) by Borg CR10 scale were measured at 3 times in the study: a) day 1, (T1); b) day 28 (T2) and c) day 56 (T3). The CC was applied immediately after each match and training.

Results: A progressive decrease in all markers of muscle damage was observed at the end of the pre-season in the RP group. On the contrary, in the GC they increased significantly for creatine kinase (CK) (T1 vs. T3 p<0.05). The time course of myoglobin (Mb) in the RP group (p>0.05) followed a pattern different from that of GC (p<0.05). In RP, the RPE significantly decreased (p<0.05) in all points of the study. The HR was higher in the RP than in the GC, in addition gains were obtained throughout the pre-season in RPE and a decrease in GC.

Conclusion: CC is potentially capable of promoting recovery from muscle damage associated with competition and training, with reductions in markers of muscle damage, improvements in muscle strength and significant decrease in RPE.

Key words:

Recovery. Muscle damage. Basketball. Cryotherapy. Compression garments. Sports medicine.

Premio a la mejor comunicación de las VIII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte de Reus, 2019

Correspondencia: Diego Fernández-Lázaro

E-mail: diego.fernandez.lazaro@uva.es

Introducción

Los jugadores de baloncesto están continuamente expuestos a altas exigencias físicas debido a las repetidas aceleraciones / desaceleraciones y saltos explosivos. Ello genera dolores musculares debido principalmente a cargas excéntricas y también debido a traumatismos por contacto¹. A esto hay que sumar los tiempos cortos de recuperación, entre entrenamientos y competiciones conducen a un nivel excesivo de fatiga acumulada a lo largo del ciclo semanal, conduciendo todo ello a un bajo rendimiento en la competición².

La capacidad de recuperar después de entrenamientos intensos y partidos constituye en uno de los factores más determinantes en el proceso de mejora del rendimiento de los deportistas. Cuando se realiza una adecuada recuperación, no sólo física sino también terapéutica, tras los entrenamientos o la competición, los deportistas pueden volver a realizar sus rutinas deportivas en tiempos más cortos que cuando no se realiza ningún tratamiento de recuperación³.

Para reducir la magnitud de la fatiga y acelerar el tiempo de recuperación, los equipos deportivos tienen a su disposición un amplio número de estrategias regenerativas: recuperación activa (carrera continua de baja intensidad y estiramientos), métodos ergo-nutricionales (reposición de sustratos e hidroelectrolítica), recuperación pasiva (sueño y descanso) y métodos de fisioterapia^{4,5}. Se utilizan varios métodos de recuperación en fisioterapia después del ejercicio, con el propósito de aliviar las alteraciones musculoesqueléticas secundarias al entrenamiento y la competición. Entre estas intervenciones, se ha aplicado la "terapia de contraste", que alterna entre modalidades de tratamiento en caliente y en frío, la "crioterapia" de cuerpo entero, la "inmersión en agua fría" (IAF) y el "hidromasaje". Estas modalidades de fisioterapia pueden atenuar la fatiga e incrementar el rendimiento durante el entrenamiento y la competición⁶.

Actualmente, las prendas de compresión son comúnmente usadas por los deportistas durante y/o después de un entrenamiento o competición. Las prendas de compresión más utilizadas son las medias de compresión, que tienen numerosas aplicaciones en el mundo del deporte (Tabla 1). El fundamento fisiológico se basa de la presión decreciente que se genera en la pierna, siendo máxima en los tobillos (15-30 mmHg) y disminuyendo gradualmente hasta el final de la pierna (10 mmHg)⁷. En el deporte de alto rendimiento las compresiones son empleadas habitualmente como técnica de recuperación posterior al ejercicio físico con el objetivo de disminuir el dolor muscular de inicio retardado (DOMS), reduciendo los síntomas asociados y la percepción de dolor. Además, pueden disminuir la inflamación y el volumen de las extremidades inferiores, así como el diámetro de las venas del gastrocnemio⁸. También es posible que su uso genere beneficios ergogénicos, como una reducción en los niveles de lactato asociados a una aceleración del retorno venoso mediante la reducción de la distensión venosa, restauración de la insuficiencia valvular y disminución de la sangre venosa⁹. Por lo tanto, como estrategia de recuperación las medias de compresión son baratas, fácilmente accesibles y no invasivas, además de ser fácilmente implementadas durante ejercicio y 15-24 horas post-entrenamiento y competición¹⁰.

Un estudio reciente⁶, ha indicado la utilidad de la IAF como técnica para mejorar la recuperación del daño muscular y prevenir los síntomas

Tabla 1. Aplicaciones de las medias de compresión en el deporte.

Aplicaciones	Fundamento
Favorece el retorno venoso	Mejora la circulación, estimulando la distribución del flujo sanguíneo consiguiendo una mejor oxigenación de los tejidos.
Mejora la eficiencia metabólica	Demuestra la eficacia a intensidades bajas de carrera pedestre, pero no a intensidades superiores a 14-16 km/h.
Refrigeran expulsando calor	Estas prendas se componen de dos capas, una dedicada a refrigerar / expulsar el sudor y otra a absorber parte del calor producido
Evitan pérdida de calor	Si hace frío, las medias tienen una función de guardar el calor
Evitan vibraciones	La compresión sujeta a los músculos de la zona y previene el movimiento lateral de los gemelos
Favorece la recuperación	Aumento del retorno venoso y drenaje de toxinas. Disminución de la inflamación y dolores musculares.

de sobreentrenamiento en jugadores de baloncesto. Los efectos de la IAF se reflejan en la reducción del dolor, la inflamación, el flujo sanguíneo, el metabolismo celular y el dolor muscular¹¹⁻¹³. La eficacia de la IAF pareció depender del tiempo de aplicación, el área de tratamiento, el momento de aplicación, el nivel de actividad física, y la modalidad utilizada^{6,14}. Cualquiera que sea el protocolo utilizado, el principal efecto beneficioso del frío durante la recuperación es la vasoconstricción que limita la permeabilidad de los vasos y, por lo tanto, los procesos inflamatorios, reduciendo el dolor muscular¹⁵.

De este modo, el estudio de los efectos de técnicas de recuperación para el rendimiento se ha convertido en un tema prioritario para los jugadores, los entrenadores y los investigadores deportivos ya que mejorar la recuperación tiene el potencial de aumentar el rendimiento deportivo. Tanto la IAF como las medias de compresión han sido usadas rutinariamente para acelerar la recuperación después del ejercicio de manera individual^{6,8}. Por lo tanto, la aplicación de la crioterapia compresiva (CC) permite emplear las dos técnicas de recuperación conjuntamente lo que potencialmente reportaría mejores resultados en la recuperación y el rendimiento de los deportistas.

En la actualidad existe un instrumento específico de aplicación de CC, como es *Pressurice Compressport*, que es un recurso simple, no farmacológico y carente de efectos secundarios.

Por todo ello, el objetivo de este estudio fue investigar el efecto crónico del *Pressurice Compressport*, tras cada partido, y después de cada sesión de entrenamiento, sobre los marcadores de daño muscular, mediante la evaluación de los niveles séricos de enzimas y/o proteínas. Este trabajo es un estudio novedoso, porque algunos estudios en baloncesto han investigado el efecto de diversos procedimientos de recuperación sobre los marcadores de recuperación y fatiga, pero estos estudios no suelen incluir el análisis de los marcadores del metabolismo muscular^{1,16}.

Material y métodos

Se realizó un estudio de cohorte prospectivo. Veinticuatro jugadores voluntarios de baloncesto masculino participaron en el estudio que siguió las recomendaciones de la declaración de Helsinki y fue aprobado por el comité local de ética de la universidad.

Examen físico

Todos los sujetos, firmaron un consentimiento informado y se les realizó un examen médico. Ninguno de los participantes fumaba, bebía alcohol ni tomaba medicamentos o sustancias ilegales. No hubo ninguna lesión antes o durante el estudio.

Sujetos

Los participantes fueron reclutados mediante un método de muestreo consecutivo no aleatorio de dos grupos. El grupo intervención, con técnicas de recuperación (RP), 12 jugadores de baloncesto masculinos profesionales (Liga EBA) ($23,3 \pm 5,4$ años; $194 \pm 9,8$ cm, $95,8 \pm 12,7$ kg; $56,5 \pm 7,7$ mL·kg⁻¹·min⁻¹). El grupo de control (GC) 12 estudiantes de ligas universitarias ($22,1 \pm 3,8$ años; $178 \pm 8,6$ cm; $78,3 \pm 8,6$ kg; $47,2 \pm 6,3$ mL·kg⁻¹·min⁻¹).

Entrenamiento

Todos los jugadores profesionales, siguieron el mismo plan de entrenamiento, 2 sesiones diarias, con una frecuencia de 5 días seguidos y 1 día de descanso, intercalando 6 partidos amistosos. Después de cada sesión, el grupo RP recibía las correspondientes técnicas de recuperación mediante CC.

Todos los jugadores universitarios, siguieron el mismo plan de entrenamiento, 1 sesión diaria, con una frecuencia de 4 días seguidos de entrenamiento y 2 días de descanso, intercalando 3 partidos amistosos.

Después de cada sesión, el GC no recibió la CC porque este grupo no disponía del *Pressurice Compressport*.

Evaluación dietética

Un dietista profesional registró estrictamente la ingesta diaria de alimentos y líquidos de los deportistas durante el estudio (Tabla 2), mediante el paquete EasyDiet^{®17}. Además, todos los participantes recibieron complejos multivitamínicos que incluían ácido fólico (5 mg/día), vitamina c (1 g/día), vitamina b12 (1.000 µg/día), aminoácidos ramificados y glutamina.

Protocolo

Todos los participantes debían asistir al laboratorio en tres momentos específicos durante la pre-temporada (8 semanas). Hemos realizado el control analítico en 3 momentos del estudio: a) en el día 1, justo antes de comenzar el estudio (T1); b) en la semana 4, justo en mitad de este periodo (T2) y en la semana 8, correspondiente al final de este periodo (T3).

Determinación del esfuerzo percibido

Antes de la extracción de sangre, se pidió a los participantes que calificaran su malestar muscular percibido en cada punto de tiempo (T1, T2, T3) utilizando la escala CR-10 de Borg validada para calificar el esfuerzo percibido (RPE)^{18,19}.

Determinación de la fuerza del cuádriceps

Para el test de la fuerza, medimos la fuerza del cuádriceps (FC), en cada punto de tiempo (T1, T2, T3) con un dinamómetro (Leg Jamar, USA). Se realizan dos intentos con la pierna predominante y se apuntó el mejor²⁰.

Tabla 2. Ingesta de energía y micronutrientes media diaria en cada grupo de jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC) durante las 8 semanas de estudio.

Grupo	Control (GC)	Recuperación (RP)	p	RDA*
Energía (kcal/kg)	42,3±5,8	42,7±5,2	0,293	
Ca (mg)	1.196±222	1.251±123	0,361	1.000
Mg (mg)	572±109	581±85	0,863	320
P (mg)	2.184±84	2.276±94	0,583	700
Fe (mg)	24,0±5,6	24,5±4,7	0,880	10
Zn (mg)	14,7±0,8	14,7±0,8	0,763	8
Vitamina A (µg)	1.951±1.270	2.002±875	0,679	700
Vitamina E (mg)	18,0±3,5	17,5±2,6	0,466	15
Tiamina (mg)	2,70±0,20	2,68±0,32	0,537	1,1
Riboflavina (mg)	2,87±0,22	2,95±0,28	0,693	1,1
Niacina (mg)	39,0±6,8	38,2±4,8	0,850	14
Vitamina B6 (mg)	3,99±0,62	4,01±0,86	0,831	1,3
Ácido Fólico (mg)	654±176	656±169	0,985	400
Vitamina B12 (µg)	9,79±3,89	9,55±3,55	0,768	2.4
Vitamina C (µg)	361±148	401±179	0,683	700

*RDA: *Recommended Dietary Allowances*

Los datos son expresados como Media ± Desviación Estándar. p: Diferencias entre grupos determinadas por pruebas t independientes (GC vs. RP).

Extracción y análisis de sangre

Se siguieron las normas de la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) para la recolección y el transporte de muestras (www.wada-ama.org). Se tomaron muestras de sangre venosa antecubital de los jugadores de baloncesto en T1, T2 y T3. Todas las muestras se recolectaron en condiciones basales y en ayunas, con un periodo de tiempo de al menos 12 horas desde la última ingesta, en posición de sedestación o tumbados. Se empleó el sistema Vacutainer (10 ml para tubos de suero, tubos de 5 ml y 3 ml con EDTA). Inmediatamente después de la extracción, los tubos se invirtieron 10 veces y fueron almacenados en una caja sellada, para después conservarlos a 4 °C. La temperatura, durante el transporte al laboratorio de 30 minutos, estaba controlada por el uso de una etiqueta específica (Liberio Ti1, ELPRO-BUCHS, Suiza). Las muestras con EDTA (anti-coagulante) se homogeneizaron durante 15 minutos antes de ser analizadas. Los tubos que contienen sangre más EDTA se centrifugaron a 2.000 rpm durante 15 minutos. El plasma, fue extraído utilizando una pipeta Pasteur y transferido a un tubo estéril de almacenamiento y conservado a -20 °C hasta que fue analizado.

Leucocitos (LEU), monocitos (MON), linfocitos (LIN), hemáties (HEM), hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hct) se determinaron en un contador hematológico modelo System Coulter MAX-M. Los niveles séricos de creatina quinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LDH), aspartato transaminasa (AST), alanina transaminasa (ALT) y proteínas totales (PT) fueron medidos en cada punto del estudio (T1, T2 y T3) usando reacciones enzimáticas acopladas en un autoanalizador automático (Hitachi 917, Japón). La mioglobina (Mb) fue medida, empleando una técnica de ensayo inmunoquimioluminiscente "sándwich" de dos puntos.

Los cambios porcentuales en el volumen plasmático (% ΔPV), se calcularon usando la ecuación de Van Beaumont²¹ y se ajustaron todos los valores de los parámetros analizados²².

Utilización de la crioterapia compresiva: *Pressurice Compressport*

El grupo RP, recibió la CC después de cada sesión de entrenamiento (48 sesiones) y después de cada partido jugado (6 partidos). Se realizó la colocación de *Pressurice Compressport* (Compressport® Veno-Muscular Compression Technology, Suiza) en la extremidad inferior, desde el tobillo hasta la cresta iliaca. La formulación especial del gel en el compartimento de silicona hace que este se mantenga flexible tras el enfriamiento lo que permite moldearlo al contorno de la pierna de manera óptima, el gel fue enfriado a temperatura controlada de 8°C. Consistió en 2 puestas de 15 minutos cada una separada entre sí por 5 minutos en los que los deportistas descansaban a temperatura ambiente. El envoltorio de compresión se colocaba conjuntamente con el gel de frío y posteriormente se retiraba el gel de frío (tras las dos puestas de 15 minutos) y se mantenía la prenda de compresión durante un total de 90 minutos en reposo total en sedestación. La prenda era personal, y proporciona una presión constante de entre 20 y 25 mmHg.

Análisis estadístico

Se realizaron utilizando IBM Statistical Package (SPSS Versión 22) y Graphpad Prism (Graphpad Software Versión 6.01 San Diego,

CA). Los datos se expresaron como media ± desviación estándar (DS). Las diferencias en los parámetros se evaluaron mediante una prueba de Scheffé, para identificar diferencias significativas entre T1, T2 y T3 de forma independiente. Después se confirmó la normalidad de los datos, con la prueba lambda de Wilks para decidir utilizar el análisis paramétrico. Se consideraron diferencias significativas para $p < 0,05$.

Resultados

Ingesta dietética

La Tabla 2 muestra la ingesta de energía y micronutrientes de los jugadores de baloncesto. No hubo diferencias significativas entre los grupos de estudio (GC y RP) para la ingesta calórica total, de vitaminas y minerales ($p > 0,05$).

Hematología

Analizando los diferentes marcadores hematológicos (Tabla 3), únicamente se observan diferencias significativas en el comportamiento de la Hb en el GC a lo largo del estudio ($p < 0,05$). Además, en la Hb en el GC, se establecen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre T1 ($15,33 \pm 0,72$) vs T2 ($16,15 \pm 0,85$) y diferencias significativas ($p < 0,05$) entre T2 ($16,15 \pm 0,85$) vs T3 ($14,97 \pm 0,92$).

Bioquímica

Marcadores musculares

En la Tabla 4, se muestra el comportamiento de los niveles de marcadores séricos bioquímicos hormonales y proteínas totales durante la pre-temporada (T1, T2; T3) en los grupos GC y RP. En comparación con el GC, el grupo RP tuvo un mejor patrón de cambios a lo largo del periodo de pretemporada, mostrando una tendencia descendente entre T1 y T3 en todos los marcadores musculares: CK, AST, ALT, LDH y Mb.

De forma individual, los resultados más relevantes, mostraron: la actividad de la CK aumentó significativamente ($p < 0,05$) en GC en T3 ($304,56 \pm 123,16$) con respecto a T1 ($201,43 \pm 88,73$); con respecto a las transaminasas para la AST se ve una disminución significativa ($p < 0,05$) en RP en T3 ($18,09 \pm 2,18$) con respecto a T1 ($22,09 \pm 4,18$) y para la ALT se puede ver un aumento significativo ($p < 0,05$) en GC en T2 ($33,08 \pm 2,99$) con respecto a T1 ($30,25 \pm 1,32$). Además, se observan (Figura 1; Tabla 4), cambios significativos ($p < 0,05$) en el comportamiento a lo largo del estudio de Mb en ambos grupos GC y RP. También, para la Mb observamos en el GC un aumento significativo ($p < 0,05$) entre el inicio (T1) ($19,77 \pm 0,74$) y el final del estudio (T3) ($25,68 \pm 3,68$), sin embargo en el grupo RP y se observó una disminución significativa ($p < 0,05$), entre los puntos del estudio T2 ($27,88 \pm 3,67$) y T1 ($24,60 \pm 1,98$).

Proteínas totales

Las proteínas totales (Tabla 4), no se observaron cambios significativos en el comportamiento a lo largo del estudio, ni tampoco entre los puntos (T1, T2, T3) analizados.

Tabla 3. Marcadores hematológicos en los jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC).

Test	Grupo	Tiempo			Sign. p
		T1	T2	T3	
LEU (x10 ³ mL ⁻¹)	RP	4,79± 0,94	4,53 ± 0,87	4,07 ± 1,14	NS
	GC	5,97 ± 1,54	6,16 ± 1,41	5,89 ± 1,39	NS
Monocitos (%)	RP	7,81 ± 1,12	7,41 ± 1,26	7,58± 1,14	NS
	GC	6,97 ± 1,47	6,69 ± 1,43	7,67 ± 2,09	NS
Linfocitos (%)	RP	39,16 ± 9,54	37,31 ± 9,31	36,01 ± 8,36	NS
	GC	37,51 ± 8,50	37,35 ± 7,45	37,98 ± 7,73	NS
HEM (x10 ⁶ mL ⁻¹)	RP	5,23 ± 0,33	5,30 ± 0,34	5,13 ± 0,20	NS
	GC	5,25 ± 0,40	5,52 ± 0,49	5,27 ± 0,33	NS
Hb (g.dL ⁻¹)	RP	15,39 ± 1,11	15,53 ± 0,97	14,99 ± 0,65	NS
	GC	15,33 ± 0,72	16,15 ± 0,85 ^a	14,97 ± 0,92 ^b	S
Htc (%)	RP	45,77 ± 2,79	46,00 ± 2,53	45,74 ± 2,22	NS
	GC	46,10 ± 2,46	47,67 ± 2,25	47,07 ± 2,51	NS

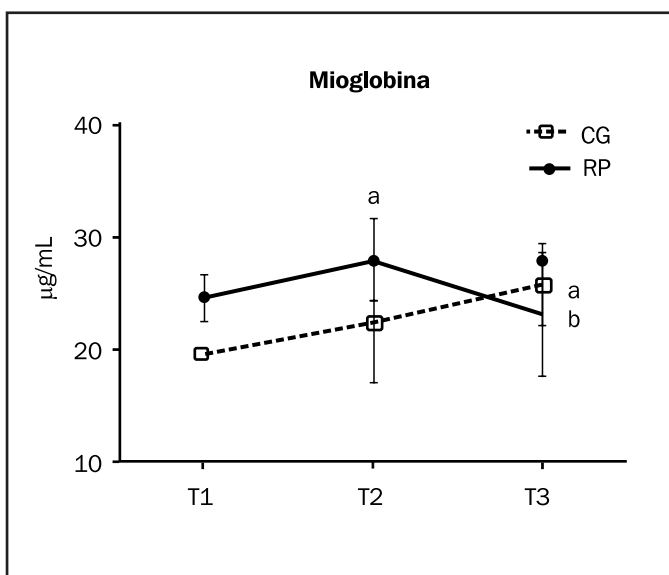
Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Se realizó, el test lambda de Wilks para comprobar si había variaciones a lo largo de las diferentes fases del estudio. Se indicó significancia estadística, cuando p<0,05.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

a: Diferencia significativa vs. T1, p < 0.05.

b: Diferencia significativa vs. T2, p < 0.05.

Figura 1. Representación de los valores de mioglobina (Mb) en el grupo control (GC) y grupo recuperación (RP) a lo largo del periodo de estudio.



Determinación del esfuerzo percibido

La Tabla 5 muestra el RPE en el GC, la escala de Borg CR10 indica un aumento significativo (p<0,05) de la fatiga percibida en T2 (8,64±1,26) y T3 (8,96±1,16) con respecto a T1 (7,03±1,79); contrariamente para el grupo RP se reportó una disminución significativa de la fatiga percibida (p<0,05) en T2 (5,14±1,98) y T3 (4,12±2,06) con respecto a T1 (7,62±2,13). Además, el grupo RP mostró cambios significativos (p<0,05) en el comportamiento del RPE a lo largo del estudio.

Determinación de la fuerza de cuádriceps por dinamometría

La Tabla 6 muestra la determinación de la FC, en comparación con el GC, el grupo RP tuvo un mejor patrón de cambios a lo largo del período de pretemporada, mostrando una tendencia ascendente, no significativa, en la ganancia de fuerza entre el inicio del estudio (T1 77,42±8,34) y los dos puntos evaluados (T2 78,41±6,82; T3 80,10±7,31). Sin embargo, en el GC se observó lo contrario, es decir, una disminución no significativa. Ninguno de los grupos, GC y RP, tuvo cambios significativos en el comportamiento de la FC a lo largo del estudio.

Discusión

Hasta lo que se conoce el presente estudio puede ser el primero en examinar la aplicación de la CC con la herramienta *Pressurice Compressport*, como una estrategia de recuperación muscular en los jugadores de baloncesto utilizando como indicadores las respuestas bioquímicas. El principal hallazgo de la presente investigación fue que el empleo de la CC, con el protocolo de uso descrito en nuestro estudio, podría estar asociada con reducciones en los marcadores del daño muscular y la inflamación que implican mejoras en la recuperación muscular en línea con descrito en otros estudios que emplean la crioterapia^{6,11,13} o el empleo de prendas de compresión^{9,23,24}. Además, la mejora significativa en el esfuerzo percibido (RPE) y una tendencia incremental en la fuerza del cuádriceps (FC) observadas al final de la pre-temporada en el grupo RP podría apuntar a una intervención eficaz del programa de CC como modelo de recuperación aplicable.

Como ya es conocido la repetición de entrenamientos o partidos con una elevada intensidad induce a fatiga, daño muscular y deteriora el rendimiento, con una disminución de la capacidad competitiva¹⁵. Ante

Tabla 4. Marcadores del metabolismo muscular y proteínas totales en los jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC).

Test	Grupo	Tiempo			Sign.
		T1	T2	T3	
Creatina Kinasa (CK) (U/l) (0-190 U/L)	RP	236,72±98,13	239,14±95,18	232,29±96,76	NS
	GC	201,43±88,73	254,16±118,26	304,56±123,16 ^a	NS
Aspartato transaminasa (AST) (U/l) (80-40 U/L)	RP	201,43±88,73	19,52±7,83	18,09±2,18 ^a	NS
	GC	23,64±2,11	22,55±2,55	24,97±1,93	NS
Alanina transaminasa (ALT) (U/l) (10-50 U/L)	RP	31,53±8,79	31,25±5,29	26,96 ± 7,88	NS
	GC	30,25±1,32	33,08±2,99 ^a	31,66±2,26	NS
Lactato deshidrogenasa (LDH) (105-333 UI/L)	RP	409,77±73,90	391,19±72,49	360,34±64,07	NS
	GC	322,43±110,15	334,27±108,90	357,68±113,59	NS
Mioglobina (Mb) (ng/mL) (25-72 ng/mL)	RP	24,60±1,98	27,88±3,67 ^a	23,17±5,53 ^b	NS
	GC	19,77±0,74	22,43±5,40	25,68±3,68 ^a	S
Proteínas totales (PT) (g/dL) (6,6-8,7 g/dL)	RP	7,70±0,44	7,73±0,51	7,80 ± 0,55	NS
	GC	7,73±0,32	7,77±0,38	7,78±1,11	NS

Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Se realizó, el test lambda de Wilks para comprobar si había variaciones a lo largo de las diferentes fases del estudio. Se indicó significancia estadística cuando $p < 0,05$.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

^a: Diferencia significativa vs. T1, $p < 0,05$.

^b: Diferencia significativa vs. T2, $p < 0,05$.

Tabla 5. Determinación del Esfuerzo percibido BORG CR-10 en los jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC).

Test	Grupo	Tiempo			Sign.
		T1	T2	T3	
BORG CR-10	RP	7,62±2,13	5,14±1,98 ^a	4,12±2,06 ^a	S
	GC	7,03±1,79	8,64±1,26 ^a	8,96±1,16 ^a	NS

Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Se realizó, el test lambda de Wilks para comprobar si había variaciones a lo largo de las diferentes fases del estudio. Se indicó significancia estadística cuando $p < 0,05$.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

^a: Diferencia significativa vs. T1, $p < 0,05$.

Tabla 6. Determinación de la Fuerza de Cuádriceps por Dinamometría en los jugadores de baloncesto del grupo recuperación (RP) y el grupo control (GC).

Test	Grupo	Tiempo			Sign.
		T1	T2	T3	
Dinamómetro Cuádriceps	RP	77,42±8,34	78,41±6,82	80,10±7,31	NS
	GC	71,06±7,91	68,97±7,26 ^a	68,66±8,27	NS

Los datos son expresados Media ± Desviación Estándar. Se realizó, el test lambda de Wilks para comprobar si había variaciones a lo largo de las diferentes fases del estudio. Se indicó significancia estadística cuando $p < 0,05$.

Diferencias significativas durante el periodo de estudio, calculadas mediante la prueba de Scheffé.

^a: Diferencia significativa vs. T1, $p < 0,05$.

esta situación se han planteado diferentes mecanismos de recuperación con terapias de frío^{8,9,13,15} y mecanismos compresivos^{8,9,25}.

El ejercicio intenso sostenido aumenta los niveles de marcadores de daño muscular circulante, de LDH, CK y Mb²⁶ y ALT/AST²⁷. Todos estos parámetros son indicativos de un aumento del daño muscular y del estrés oxidativo, que afectan negativamente a los atletas porque no sólo pueden reducir su rendimiento y también pueden poner en riesgo su salud^{28,29}.

En función de la intensidad del ejercicio ejecutado los tiempos de recuperación fisiológicos son variables, desde horas hasta incluso una semana, lo que hace los diferentes sistemas de la recuperación desarrollen una evolución diferente del músculo esquelético^{27,30}. Como consecuencia del daño muscular y la fatiga muscular en los atletas desciende la fuerza muscular, la capacidad de trabajo y el rendimiento deportivo. En el músculo se produce deterioro en la capacidad de almacenamiento de glucógeno, la alteración ultra-estructural del sarcómero asociada al

aumento de la descomposición de las proteínas musculares contráctiles y una exacerbación de las respuestas inflamatorias^{1,31,32}.

Hasta el presente estudio los efectos de la CC como terapia sobre la recuperación muscular no han sido investigados en situaciones reales a largo plazo (8 semanas), durante una pre-temporada de entrenamientos de elevada exigencia física. Por otra parte, hay estudios que indican que un solo episodio de terapia con frío²⁶ o con medias de compresión^{9,25} después del ejercicio no modifican significativamente la recuperación muscular. Por lo tanto, la duración óptima y la combinación de las intervenciones de recuperación, de frío y compresión, conjuntamente no están bien definidas en los deportistas.

En nuestro estudio, la intervención de recuperación con CC se realizó diariamente después de todos los entrenamientos y de los partidos. En ambos grupos de estudio, RP y GC, las actividades de CK y LDH, mostraron niveles por encima de rango fisiológico al inicio del estudio (T1), observándose una disminución progresiva de los marcadores de daño muscular al final de la pre-temporada en el grupo RP (T3). Por el contrario, en el GC, aumentaron de los marcadores de los niveles de metabolismo muscular LDH y CK (T1 vs. T3 $p < 0,05$). Con respecto a la Mb en el grupo RP, esta siguió un patrón diferente durante la temporada al observado en el GC, no observando cambios significativos en el transcurso de la temporada ($p > 0,05$) pero sí aumentos en el GC ($p < 0,05$). Más específicamente la Mb, tras un aumento significativo entre T1 y T2 ($p < 0,05$), posteriormente desciende significativamente entre los puntos de muestreo siguientes (T2 vs T3 $p > 0,05$), a pesar de que el grupo RP realizó mayor carga de entrenamientos y partidos, lo que sugiere una alta eficacia del programa de CC en periodos de largos de aplicación (8 semanas). Contrariamente, en el GC, en el que los jugadores no fueron expuestos al programa de recuperación de CC, hubo aumentos de Mb, especialmente en T3 donde se elevó significativamente ($p > 0,05$) en relación a inicio T1, lo que sugiere una peor recuperación muscular a la observada en el grupo experimental.

En este sentido, las diversas formas de crioterapia, incluida la IAF, son tratamientos eficaces para disminuir el metabolismo, la inflamación, el flujo sanguíneo, el dolor y las temperaturas cutáneas, musculares e intra-articulares³³. Algunos estudios han utilizado inmersiones de $< 10^{\circ}\text{C}$ con diferentes duraciones de tratamiento (3-10 minutos), lo que contrae los capilares, reduce la permeabilidad capilar y el flujo sanguíneo atenuando así la hinchazón y la respuesta inflamatoria, lo que puede reducir los efectos negativos asociados con el ejercicio^{12,15,33,34}. Además, se ha especulado con la aplicación de la IAF en zonas locales que presentan inflamación que permiten reducir la permeabilidad de las membranas, reduciendo así el flujo intracelular-intravascular de CK y Mb^{33,35}, lo que podría explicar los resultados observados en el grupo RP. En este sentido, Seco *et al*⁶, reportan que el grupo intervención de jugadores de baloncesto que fueron tratados mediante IAF, la Mb fue significativamente más baja que en el grupo control, entre el inicio y el final del estudio, además la Mb mostró un patrón de comportamiento significativamente diferente entre ambos grupos, resultados muy similares a los que se ha descrito en este estudio. Además, en el GC a lo largo de la pre-temporada, manifestada con el aumento significativamente ALT (T1 vs. T2 $p < 0,05$) y AST, indicativo de fatiga muscular²⁷, en contra de lo que ocurrió en el grupo RP (disminución significativa de ALT y AST; T1 vs. T3 $p < 0,05$).

Tras el análisis de nuestros resultados, es relevante que la fuerza estudiada en la prueba FC fue mayor en el RP que en el grupo control después de la recuperación al final de la pre-temporada. Se observaron ganancias a lo largo de la pre-temporada en RP y una disminución en GC. Creemos que tanto la respuesta bioquímica como la de la fuerza sugieren una alta eficacia de la estrategia de recuperación muscular de CC empleada con el grupo experimental. Estos resultados fueron apoyados por las disminuciones en RPE ($p < 0,05$), a mitad (T2) y al final de la temporada (T3), según lo medido con la escala de Borg CR-10.

Por otra parte, el uso de pendras de compresión aplicadas a zonas loco-regionales, han resultado efectivas al disminuir algunos marcadores del metabolismo muscular, observando un efecto positivo significativo de la compresión en CK²⁴ como la Mb³⁶ y efecto moderado sobre la atenuación de AST¹⁰. Sin embargo, anteriormente se describió la influencia positiva, pero no significativa, de las prendas de compresión en la atenuación de los marcadores de daño muscular, con el aumento significativo de CK, LDH, AST y ALT en el CG asociado al aumento no significativo en el grupo de empleo de prendas de compresión (sin diferencias entre grupos)³⁷. Estos resultados son similares a los que hemos reportando, donde se observó una disminución progresiva de los marcadores de daño muscular al final de la pre-temporada en el grupo RP, lo que sugiere que la terapia compresiva que aplicamos estimula una recuperación más rápida.

Nuestros datos sugieren un impacto positivo de CC a largo plazo y creemos la aplicación de la CC mediante *Pressurice Compressport* potencialmente también podría usarse para la recuperación muscular a corto plazo por el efecto sinérgico basado en las acciones conjuntas de ambas herramientas de recuperación. Se produce reducción del flujo sanguíneo cutáneo, cambios en el fluido intracelular-intravascular, reducción del edema muscular y aumento del gasto cardíaco, lo que puede aumentar el flujo sanguíneo y el posible transporte de nutrientes y desechos a través del cuerpo^{6,25}. Aunque es necesario estudios específicos previos para la comparación y para guiar la selección del intervalo de muestreo.

Por los datos aportados en esta investigación, el presente trabajo apoya la teoría de que las técnicas de medicina de deporte, como la CC, contribuyen a una recuperación mejor y más rápida de la fatiga, mejorando así el rendimiento durante un periodo largo de elevada exigencia física. El estudio también sugirió que se necesita investigación futura para explotar aún más los beneficios de los métodos terapéuticos para promover la recuperación de la fatiga muscular, incluidos los que son más baratos y requieren menos infraestructura.

Se deben reseñar que había varias limitaciones que deben ser reconocidas con respecto al presente estudio. En primer lugar, el método de muestreo consecutivo y el diseño prospectivo de la cohorte deben considerarse para estudios futuros con el fin de diseñar ensayos clínicos controlados aleatorios. Además, al tratarse la CC de una técnica de recuperación que engloba dos técnicas (IAF y uso de prendas de compresión) la inclusión de dos grupos donde se apliquen en monoterapia proporcionaría una base para examinar si existe una recuperación muscular, variaciones en la fuerza y en la percepción del esfuerzo mayor en la CC que en IAF o por el uso de prendas de compresión.

En conclusión, creemos que la aplicación de CC durante una pre-temporada es potencialmente capaz de promover la recuperación del daño muscular asociada con la competición y el entrenamiento. En

particular, se ha demostrado que el CC mejoró la recuperación muscular en jugadores de baloncesto durante una pre-temporada de 8 semanas de duración asociada con reducciones en los marcadores del daño muscular. Además, las mejoras de la fuerza muscular y la disminución significativa de la percepción de fatiga al final del estudio sugieren una reducción de la fatiga muscular en el grupo de deportistas donde se ha aplicado la CC.

Agradecimientos

Los autores agradecen al instituto de Estudios de Ciencias de la Salud de Castilla y León (ICSCYL) por su apoyo y colaboración a lo largo del proceso de investigación de este estudio.

Financiación

Sin financiación.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Montgomery PG, Pyne DB, Hopkins WG, Dorman JC, Cook K, Minahan CL. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *J Sports Sci.* 2008;26:1135-45.
- Córdova A, Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Seco J. Effect of magnesium supplementation on muscular damage markers in basketball players during a full season. *Magnes Res.* 2017;30:61-70.
- Gill ND, Beaven C, Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *Br J Sports Med.* 2006;40:260-63.
- Ferriñán Taboada MJ. *Marcadores bioquímicos del daño muscular en jugadores profesionales de baloncesto: seguimiento médico, protocolo fisioterapéutico como recuperación y su influencia sobre el rendimiento deportivo.* [Tesis Doctoral]. [León]: Universidad de León; 2015.
- Tavares F, Smith TB, Driller M. Fatigue and recovery in rugby: a review. *Sports Med.* 2017;47:1515-30.
- Seco-Calvo J, Mielgo-Ayuso J, Calvo-Lobo C, Córdova A. Cold water immersion as a strategy for muscle recovery in professional basketball players during the competitive season. *J Sport Rehabil.* 2019:1-9.
- Gomez-Zorita S, Urdampilleta A. Empleo de medias de compresión en el deporte: evidencia científica. EFDeportes.com [Internet]. 2012 [Consultado 12 Julio 2019]; 175:1-4. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd175/empleo-de-medias-de-compresion-en-el-deporte.htm>
- Ali A, Caine M, Snow B. Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *J Sports Sci.* 2007;25:413-19.
- Ali A, Creasy RH, Edge JA. The effect of graduated compression stockings on running performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25:1385-92.
- Duffield R, Cannon J, King M. The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise. *J Sci Med Sport.* 2010;13:136-40.
- Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Med.* 2010;40:509-17.
- Mawhinney C, Jones H, Low DA, Green DJ, Howatson G, Gregson W. Influence of cold-water immersion on limb blood flow after resistance exercise. *Eur J Sport Sci.* 2017;17:519-29.
- Pointon M, Duffield R, Cannon J, Marino FE. Cold application for neuromuscular recovery following intense lower-body exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:2977-86.
- Howatson G, Goodall S, Van Someren K. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105:615-21.
- Peake JM, Roberts LA, Figueiredo VC, Egner I, Krog S, Aas SN, et al. The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise. *J Physiol.* 2017;595:695-711.
- Delextrat A, Calleja-González J, Hippocrate A, Clarke ND. Effects of sports massage and intermittent cold-water immersion on recovery from matches by basketball players. *J Sports Sci.* 2013;31:11-19.
- Farrán, A.; Zamora, R.; Cervera, P. *Tablas de composición de alimentos del Centre d'Ensenyament Superior de Nutrició i Dietètica (CESNID)*; Universitat de Barcelona: Barcelona, Spain, 2004.
- Dawes HN, Barker KL, Cockburn J, Roach N, Scott O, Wade D. Borg's rating of perceived exertion scales: do the verbal anchors mean the same for different clinical groups? *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:912-16.
- Borg E, Kajiser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports.* 2006;16:57-69.
- Pascuala-Oliva E. *Efectos de la hipoxia intermitente sobre la resistencia en atletas de élite.* [Tesis Doctoral]. [Soria]: Universidad de Valladolid; 2012.
- Van Beaumont W. Evaluation of hemoconcentration from hematocrit measurements. *J Appl Physiol.* 1972;32:712-13.
- de Oliveira Teixeira A, Franco OS, Borges MM, Noronha Martins C, Fernando Guerreiro L, da Rosa CE, et al. The importance of adjustments for changes in plasma volume in the interpretation of hematological and inflammatory responses after resistance exercise. *J Exer Physiol Online.* 2014;17:72-83.
- Ehrström S, Gruet M, Giandolini M, Chapuis S, Morin J-B, Vercauysen F. Acute and delayed neuromuscular alterations induced by downhill running in trained trail runners: beneficial effects of high-pressure compression garments. *Front Physiol.* 2018;28:1627
- Hettchen M, Glöckler K, von Stengel S, Piechele A, Lötzerich H, Kohl M, et al. Effects of compression tights on recovery parameters after exercise induced muscle damage: a randomized controlled crossover study. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2019;8:5698460
- Marqués-Jiménez D, Calleja-González J, Arratibel-Imaz I, Delextrat A, Uriarte F, Terrados N. Influence of different types of compression garments on exercise-induced muscle damage markers after a soccer match. *Res Sports Med.* 2018;26:27-42.
- Jakeman J, Macrae R, Eston R. A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Ergonomics.* 2009;52:456-60.
- Córdova A, Martín JF, Reyes E, Alvarez-Mon M. Protection against muscle damage in competitive sports players: the effect of the immunomodulator AM3. *J Sports Sci.* 2004;22:827-33.
- Córdova A, Mielgo-Ayuso J, Fernandez-Lazaro CI, Caballero-García A, Roche E, Fernández-Lázaro D. Effect of iron supplementation on the modulation of iron metabolism, muscle damage biomarkers and cortisol in professional cyclists. *Nutrients.* 2019;11:E500.
- Córdova A, Mielgo-Ayuso J, Roche E, Caballero-García A, Fernandez-Lázaro D. Impact of magnesium supplementation in muscle damage of professional cyclists competing in a stage race. *Nutrients.* 2019;11:E1927.
- Proske U, Morgan D. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol.* 2001;537:333-45.
- Córdova Martínez A. *Fisiología deportiva.* 1ª Ed. Madrid: Síntesis; 2013.
- Shearer DA, Sparkes W, Northeast J, Cunningham DJ, Cook CJ, Kilduff LP. Measuring recovery: an adapted brief assessment of mood (BAM+) compared to biochemical and power output alterations. *J Sci Med Sport.* 2017;20:512-17.
- Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat. *J Sports Sci.* 2008;26:431-40.
- Yamane M, Teruya H, Nakano M, Ogai R, Ohnishi N, Kosaka M. Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96:572-80.
- Goodall S, Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *J Sports Sci Med.* 2008;7:235-41.
- Engel FA, Holmberg H-C, Sperlich B. Is there evidence that runners can benefit from wearing compression clothing? *Sports Med.* 2016;46:1939-52.
- Davies V, Thompson KG, Cooper S-M. The effects of compression garments on recovery. *J Strength Cond Res.* 2009;23:1786-94.

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

Effect of strength training on physical and mental health and quality of life of people with spinal cord injury: a literature review

Joel Alves Rodrigues¹, Eveline Torres Pereira¹, Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira¹, Osvaldo Costa Moreira²

¹Departamento de Educação Física. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. MG. Brasil. ²Instituto de Ciências Biológicas y de la Salud. Universidad Federal de Viçosa. Campus Florestal. Florestal. MG. Brasil.

Recibido: 17/09/2019
Aceptado: 02/01/2020

Summary

Life expectancy of individuals with spinal cord injury (SCI) has increased over the years; although not proportional or equal to that of the general population, there is a slight approximation in life expectancy between the groups. However, the mortality rate in individuals with SCI remains high. SCI is a serious medical condition that causes functional, psychological and socio-economic disorders. Therefore, people with SCI experience significant disabilities in various aspects of their lives. Strength training has been used as an instrument to improve functional, cardiorespiratory, psychological and quality of life (QoL) parameters. However, studies that discuss the effect of strength training on health-related aspects of people with SCI are still rare. The aim of this study is to review the literature on the effects of strength training on physical and mental health and QoL of people with SCI. A bibliographic research was conducted with subjects related to the SCI, strength training, functionality, health and mental state and QoL. SCI is a complex disability that causes many changes, which can be physical, psychological and social. It is accompanied by comorbidities, which directly affect the health status and, consequently, the QoL of the affected individual. In general, exercise has been postulated as an alternative for health promotion and QoL in people with SCI. In particular, strength training is used to promote physical and mental health and QoL as it produces positive results for different aspects of health and QoL, especially muscle strength and functional capacity, reducing symptoms of anxiety and depression and increasing indicators of QoL in people with SCI.

Key words:

Spinal cord injury.
Strength training. Mental health.
Quality of life.

Efecto del entrenamiento de fuerza en la salud física y mental y la calidad de vida de personas con lesión medular espinal: una revisión de la literatura

Resumen

La esperanza de vida de las personas con lesión de la médula espinal (LME) ha aumentado con los años; aunque no es proporcional o igual al de la población general, existe una ligera aproximación en la esperanza de vida entre los grupos. Sin embargo, la tasa de mortalidad en individuos con LME sigue siendo alta. ML es una condición médica grave que causa trastornos funcionales, psicológicos y socioeconómicos. Por lo tanto, las personas con LME experimentan discapacidades significativas en varios aspectos de sus vidas. El entrenamiento de fuerza se ha utilizado como un instrumento para mejorar los parámetros funcionales, cardiorrespiratorios, psicológicos y de calidad de vida (CV). El objetivo de este estudio es revisar la literatura sobre los efectos del entrenamiento de fuerza sobre la salud física y mental y la CV de las personas con LME. Se realizó una investigación bibliográfica con temas relacionados con ML, entrenamiento de fuerza, funcionalidad, salud y estado mental y CV. La LME es una discapacidad compleja que causa muchos cambios, que pueden ser físicos, psicológicos y sociales. Se acompaña de comorbilidades, que afectan directamente el estado de salud y, en consecuencia, la CV del individuo afectado. En general, el ejercicio se ha postulado como una alternativa para la promoción de la salud y la CV en personas con LME. En particular, el entrenamiento de fuerza se utiliza para promover la salud física y mental y la calidad de vida, ya que produce resultados positivos para diferentes aspectos de la salud y la CV, especialmente la fuerza muscular y la capacidad funcional, reduciendo los síntomas de ansiedad y depresión y aumentando los indicadores de CV en personas con LME.

Palabras clave:

Lesión medular espinal.
Entrenamiento de fuerza.
Salud mental. Calidad de vida.

Correspondencia: Joel Alves Rodrigues
E-mail: joel.a.rodrigues1@gmail.com

Introduction

The life expectancy of individuals with spinal cord injury (SCI) has increased over the years. Nevertheless, the mortality rate in individuals with SCI remains high^{1,2}. It's possible that rehabilitation and treatment methods for health have evolved, and the increase in life expectancy is directly related to this evolution³. The evolution of rehabilitation has occurred as a change in its final goal over time: previously, the purpose was to increase life expectancy, and at present, the focus is on functional independence and quality of life (QoL)⁴.

Physical training has been used as a implement to improve functional, cardiorespiratory, psychological, and QoL parameters⁵. One type of physical training is strength training (ST), which is widely used for its beneficial effects on health-related risk factors such as insulin resistance, resting metabolic rate, blood pressure, and body composition, as well as strengthening of the musculoskeletal system, contributing to the maintenance of functionality, and preventing osteoporosis, sarcopenia, heart disease, and various cancers⁶.

However, studies that discuss the effect of ST on health-related aspects of people with SCI are still rare. Given the awareness of the increased life expectancy of individuals with SCI, the ease and low cost of performing ST, and the benefits of this type of training for the health of the general population, understanding the possible effects of ST on the health of individuals with SCI may constitute to a non-drug intervention strategy to promote improvements in health, functional independence, and QoL of these individuals.

Thus, the aim of the present study is to perform a literature review about the effects of ST on the physical and mental health and QoL of people with SCI.

Spinal cord injury: definition and classifications

SCI is mainly caused by external trauma and has the potential to unexpectedly modify the life of the injured individual and interfere with professional, recreational, and social activities⁷. It is caused by any trauma that damages the structures contained in the medullary canal, causing temporary or permanent motor, sensory, autonomic, and psychoactive changes or losses⁸.

SCI can be classified on the basis of its severity (complete or incomplete) and the level of injury occurrence, and the symptoms presented by individuals with SCI will depend on these two factors. According to the American Spinal Cord Injury Association (ASIA)⁹, when there is total loss of voluntary and sensory motor activity in S4–S5, the lesion is classified as complete. When there is any maintenance of motor activity or sensitivity to the sacral segment S4–S5 the lesion is classified as incomplete. As to the level of occurrence of the injury, the loss of trunk, upper, and lower limb function is defined as quadriplegia, and the loss of trunk and lower limb function, as paraplegia¹⁰.

A systematic review analyzing studies published between 2000 and 2016 showed that the worldwide incidence of SCI is 10.5 cases per 100,000 people, resulting in an estimated 768,473 new cases annually¹¹. The highest incidence of SCI was found in low- and

middle-income countries, affecting more males aged 20–24 years (80% of cases)^{8,12}.

Regardless of the cause and classification, an SCI can affect the person's physical and mental health, as well as their QoL. Understanding how SCI can affect these aspects of a person's life can aid in the design of intervention strategies to improve their overall health and QoL.

Aspects related to physical and mental health and quality of life of people with spinal cord injury

After SCI, several changes may occur in physiological, physical, psychological, and social aspects of life¹³. These may alter the individual's health condition, leading to reduced life satisfaction and emotional well-being, decreased life expectancy, and consequently, increased mortality¹⁴.

The impact of SCI on the individual's health condition is directly or indirectly related to their physical and psychological diagnosis, and the activity limitations and participation restrictions it imposes on the person in their socio-cultural environment⁷. These impacts may cause several impairments, such as reduced functionality, impairment of body systems, QoL, and psychological aspects such as depression and anxiety.

The health status of an individual with SCI is also compromised by secondary comorbidities such as complications of the urinary, respiratory, and intestinal systems, as well as changes in skin sensitivity and muscle tone^{14–19}.

SCI can cause long-term complications in the urinary system, leading to bladder dysfunction, often called neurogenic bladder²⁰. The most important factor in controlling dysfunction is maintaining continence and preventing the development of upper urinary tract dysfunction.

Respiratory complications in SCI can lead to respiratory muscle failure, reduced vital capacity, ineffective cough, and reduced lung and chest compliance. These respiratory complications will depend on the level of SCI and the degree of impairment¹⁵. Bowel problems may also occur as a consequence of SCI, common in between 27% and 62% of individuals. The most common complications are constipation, distension, abdominal pain, rectal bleeding, hemorrhoids, and autonomic hyperreflexia. These complications are related to the sacral region. Anterior sacral root stimulation between S2 and S4 may reduce some of the damage²¹.

Below the level of the lesion, some or all of the skin's sensitivity will be compromised by failure to send information through the afferent nerves, and this damage can cause heat, cold, impact, and prolonged pressure injury such as pressure ulcer, which is a leading cause of SCI hospitalization^{14,22}. Muscle tone dysfunction may also occur, with spasticity being the most common type. Muscle spasticity is characterized by involuntary and continuous muscle contractions caused by changes in and increased excitability of motoneurons and interneurons¹⁶.

Another dimension of health affected by SCI is mental health, especially due to the onset of symptoms related to depression and anxiety. Individuals with SCI have a high incidence of anxiety or post-discharge depression, especially among younger patients (<50 years)²³. The causes of depression and anxiety are unclear, but some factors assumed to

be involved are the abrupt and unexpected nature of the injury itself; the person is unprepared to cope with their new reality and may have difficulties coping²⁴. In addition, deterioration of function (for example: respiratory disorder, sexual functioning, balance)²⁰, pain associated with changes in cognition, anger, or psychosocial impairment²⁵, and the need for retrofitting of the body in space and the fact that this process is dependent on the help of others, may be factors that help explain the high incidence and prevalence rate of depression and anxiety in individuals with SCI.

All these comorbidities affect the general health status of individuals with SCI and can directly impact their QoL, since health is understood as an element of QoL. However, QoL and health can be understood as two distinct concepts, and correlating the two can be a mistake, as a totally healthy life may not result in high QoL²⁶.

In addition, the concept of QoL is characterized as aspects of an individual's subjective experience that are directly and indirectly related to health, illness, disability, and treatment effectiveness²⁷. It has objective and subjective dimensions. The subjective dimension assumes that QoL may be partially independent of health status and is a reflection of the way individuals perceive and react to their health status and other non-medical aspects of their lives, i.e., the subjective dimension refers to one's own perceptions. On the other hand, the objective dimension is composed of observable conditions or physical functioning and can be assessed by external persons (researcher, physician, evaluator) and/or physical tests²⁸. Thus, QoL should be evaluated on the basis of the individual's own concept and not associated with the quantification of objective dimensions related to health.

Accordingly, the theory of the disability paradox, in which people with disabilities who are supposed to have depressed QoL levels report good QoL²⁹, allows us to understand why, when observing an individual with MSD, their situation may seem adverse; however, they may be able to perform desired activities, and their self-perception of QoL may be positive. Thus, health-related QoL cannot be used exclusively by researchers and physicians as a reference to patients' perceived health³⁰.

QoL is generally lower in individuals with SCI than in those without SCI, being justified by the severity of the injury and difficulties with adaptation after injury³¹. When assessed by the World Health Organization (WHOQOL) Brief Self-completed questionnaire, the QoL of individuals with SCI was significantly lower than in the general population in the physical, social relationship, and psychological domains. However, the authors suggest that despite the difference, subjective assessment is necessary to better understand the results³².

A recent cohort study looked at 1-, 2-, and 5-year-olds with SCI, and researchers found that QoL increased over time³³. The authors' argument to justify this result was that individuals with SCI learn over time to adapt to their situation, and this adaptation seems to reflect a progressive disconnect between symptoms and physical or mental health, leading to a real improvement in physical functioning over time.

Death can be considered to have the greatest negative impact on people with SCI. A higher percentage of individuals with severe injury die in the first year after injury; the most common causes of death are pulmonary alterations, cardiovascular diseases, and infectious diseases^{34,35}.

One of the causes of mortality in people with SCI is a reduced ability to produce autonomic actions from the central nervous system, thus

causing dysfunction in the control of the heart rate and blood pressure and rendering communication between the nervous system and other body systems inefficient³⁶.

Another important cause of mortality is cardiovascular disease, which is generally associated with sedentary behavior. The low level of physical activity in people with SCI induces a decrease in energy expenditure, which may cause changes in the health condition of these people, such as fat accumulation and overweight and obesity³⁷. The combination of SCI and insufficient levels of physical activity can lead to metabolic changes such as hyperinsulinemia, insulin resistance, type 2 diabetes, dyslipidemia, and cardiovascular disease³⁸. Thus, a sedentary lifestyle, glucose intolerance, insulin resistance, and a reduced metabolic rate result in a general deconditioning of the individual, with a consequent increased risk of mortality³⁹.

For all these changes presented by people with SCI, in physical and mental health, as well as in QoL and increased mortality, it is up to professionals involved with the health care of these people to seek strategies to reduce these negative changes caused by SCI. Along these lines, physical exercise has been postulated as a possible non-pharmacological treatment strategy to combat some of these negative changes in the health and QoL of people with SCI.

Benefits of regular exercise for people with spinal cord injury

In an attempt to "cure" and/or rehabilitate an injured/mutilated body, sometimes the process of insertion of physical exercise for people with SCI is palliative, without consideration of its value for leisure, as well as social, psychological, and physiological well-being.

In general, the regular practice of physical exercise has several beneficial effects for individuals with SCI; the most prominent and researched of these are the benefits that it brings to the functional state and QoL⁴⁰. The effects of exercise on psychological health, especially on the symptoms of depression and anxiety, are still not well studied.

Recently, new guidelines on the prescription of exercise to promote physical and cardiometabolic health in people with SCI⁴¹ stipulate that, in order to improve cardiorespiratory fitness and muscle strength, individuals with SCI should practice at least 20 minutes of moderate to vigorous exercise twice a week and three sets of strength exercises for muscle groups with moderate–vigorous intensity, also twice a week. For cardiometabolic health benefits, the guidelines state that at least 30 minutes of moderate to vigorous aerobic exercise should be performed three times a week.

The lower values of volume and intensity are due to the fact that people with SCI are less active, thus adopting a sedentary behavior and, consequently, lower their level of physical conditioning^{42,43} argue that the dose response for physical exercise will depend on several factors and that health benefits can be achieved with lower volumes and intensities in apparently healthy individuals and those with chronic clinical conditions. Thus, individuals with SCI may experience improvements in fitness and health indices from lower doses of exercise⁴¹.

ST has been evidenced in the exercise prescription guidelines for people with SCI, as it is a type of exercise that provides improvements

in neuromuscular, cardiometabolic, and functional components⁴¹. In addition, this type of exercise also seems to induce improvements in overall physical health, mental health, and QoL, and is therefore a possible strategy to use when promoting health and QoL of people with SCI.

Effects of strength training on functional aspects of people with spinal cord injury

One of the main goals of ST for individuals with SCI is to increase strength to improve functionality in activities of daily living⁴⁴. However, for the promotion of benefits in functional capacity and strength of people with SCI, there is no well-defined standardization regarding intensity and volume. The average of intervention is 2x to 3x per week lasting 40 minutes, with intensity that can vary from 50% to 100% of the maximum dynamic strength (1RM), and the main focuses are the superior functional muscles^{41,45}.

Serra-Añó⁴⁶ conducted a study to evaluate the effect of a resistance shoulder training program on isokinetic and isometric strength, body composition, pain, and functionality in paraplegic individuals. The program lasted 8 weeks with a frequency of 3 times a week, with 8 exercises performed at 70% of 1RM. The results showed increased isometric and isokinetic shoulder strength, increased fat-free mass, reduced arm fat mass, reduced shoulder pain, and increased functionality.

Bye⁴⁷ in studied the effect of ST on partially paralyzed muscles of newly injured individuals who underwent 12 weeks of training, with a weekly frequency of 3 times, using isometric exercises and concentric actions. Subjects were stimulated into a target muscle on one side of the body, and the control was the unstimulated opposite side. Training increased isometric strength in trained and unstimulated muscles, suggesting improvement in strength of partially paralyzed muscles, although it is not clear whether the training effect was clinically significant.

ST for individuals with SCI has also shown positive effects, such as increased muscle strength, anaerobic power, and increased peak oxygen uptake (VO₂peak) in response to a 12-week training program with an intensity of 60% to 70% of 1RM and the use of a hand cycle ergometer, with an intensity between 70% and 85% of the heart rate⁴⁸.

Thus, ST programs with different configurations and different volumes and intensities induce an increase in muscle strength in individuals with SCI, which can directly or indirectly impact the improvement of these individuals' functional capacity. However, few studies use only ST as an intervention strategy, since ST is often associated with a rehabilitation program.

Effect of strength training on mental health and quality of life of people with spinal cord injury

In addition to the intrinsic relationship of QoL with general health, mental health is also inserted in this context, since psychological problems such as depression and anxiety can negatively affect QoL. Along

these lines, regular exercise has beneficial results and has been shown to reduce symptoms of depression and anxiety^{49,50}.

The benefits of regular exercise for relieving symptoms of depression and anxiety can be proposed as distraction, self-efficacy, and social interaction. Distraction is related to the deviation of unfavorable stimuli that can lead to mood improvement after exercise. Self-efficacy proposes that the challenging view of exercise can stimulate self-confidence. Finally, the social interaction inherent in the practice of supportive physical exercise among those involved can lead to positive effects on psychological health⁵¹.

The discussion about QoL is directly involved with the discussion about the most diverse aspects of the health of people with SCI. Along these lines, different exercise programs can be used to promote health and QoL in these people.

Kemp *et al*⁵² evaluated the effect of a 12-week ST program, 3 times per week, with an average of 11 repetitions using low-intensity exercises, by supporting the body itself, on the relationship between pain and shoulder movement in individuals with SCI. The results showed a two-thirds reduction in basal shoulder pain levels, and this pain reduction allowed individuals to successfully participate in their social and daily life activities, with consequent improvement in QoL and physical and social functions. However, there was no increase in physical activity level (assessed by wheelchair propulsion speed and physical activity scale score for individuals with physical disabilities). The authors admit that the questionnaire may not have been sufficient to evaluate, since it only analyzes quantity and not quality of physical activity.

Another study showed that both the traditional rehabilitation method (5 days a week, 60-minute daily sessions for 6 weeks, including sitting, balancing, wheelchair transfer, mobilization, and functional exercise) and addition of circuit training performed for 6 weeks, 5 days a week, and lasting 60 minutes with progressive loads of 50% to 100% of 10RM were able to increase QoL due to increased functionality⁵³.

Thus, ST programs also seem to be an efficient alternative intervention in people with SCI when aiming at improving mental health and QoL. Future studies on this topic will define the mechanisms by which exercise would act on the symptoms of anxiety and depression, as well as determine the magnitude of the impact of participation in ST programs on the improvement of QoL in people with SCI.

Conclusion

SCI is a complex disability that causes many changes, which can be physical, psychological, and social. It is accompanied by comorbidities, and these directly affect the health status and, consequently, the QoL of the affected individual.

In general, physical exercise has been postulated as an alternative for health promotion and QoL in people with SCI. ST especially is a strategy to promote physical health, mental health, and QoL, as it presents positive results in different aspects, especially in terms of improving muscle strength and functional capacity, reducing symptoms of anxiety and depression, and increasing the general indicators of QoL in people with SCI.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

References

- Middleton JW, Dayton A, Walsh J, Rutkowski SB, Leong G, Duong S. Life expectancy after spinal cord injury: a 50-year study. *Spinal Cord*. 2012;50:803–11.
- Savic G, DeVivo MJ, Frankel HL, Jamous MA, Soni BM, Charlifue S. Long-term survival after traumatic spinal cord injury: a 70-year British study. *Spinal Cord*. 2017;55:651–8.
- Burns AS, Ditunno JF. Establishing prognosis and maximizing functional outcomes after spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:S137–45.
- Donovan WH. Spinal cord injury—past, present, and future. *J Spinal Cord Med*. 2007;30:85–100.
- Van der Scheer JW, Martin Ginis KA, Ditor DS, Goosey-Tolfrey VL, Hicks AL, West CR, et al. Effects of exercise on fitness and health of adults with spinal cord injury. *Neurology*. 2017;89:736–45.
- Winett RA, Carpinelli RN. Potential health-related benefits of resistance training. *Prev Med (Baltim)*. 2001;33:503–13.
- WHO. *International perspectives on spinal cord injury*. Malta. Editorial World Health Organization; 2013. p.250. Disponible en: https://www.who.int/disabilities/policies/spinal_cord_injury/en/
- Singh A, Tetreault L, Kalsi-Ryan S, Nouri A, Fehlings MG. Global prevalence and incidence of traumatic spinal cord injury. *Clin Epidemiol*. 2014;6:309–31.
- Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2011;34:535–46.
- Roberts TT, Leonard GR, Cepela DJ. Classifications in brief: american spinal injury association (ASIA) impairment scale. *Clin Orthop Relat Res*. 2017 ;475:1499–504.
- Kumar R, Lim J, Mekary RA, Rattani A, Dewan MC, Sharif SY, et al. Traumatic spinal injury: global epidemiology and worldwide volume. *World Neurosurg*. 2018;113:345–63.
- Kumar R, Lim J, Mekary RA, Rattani A, Dewan MC, Sharif SY, et al. Traumatic spinal injury: global epidemiology and worldwide volume. *World Neurosurg*. 2018;113:345–63.
- Myers J, Lee M, Kiratli J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. *Am J Phys Med Rehabil*. 2007;86:142–52.
- Brinkhof M, Al-Khodairy A, Eriks-Hoogland I, Fekete C, Hinrichs T, Hund-Georgiadis M, et al. Health conditions in people with spinal cord injury: Contemporary evidence from a population-based community survey in Switzerland. *J Rehabil Med*. 2016;48:197–209.
- Cardenas DD, Hoffman JM, Kirshblum S, McKinley W. Etiology and incidence of rehospitalization after traumatic spinal cord injury: A multicenter analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:1757–63.
- Brown R, DiMarco AF, Hoyt JD, Garshick E. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respir Care*. 2006;51:853–68.
- Elbasiouny SM, Moroz D, Bakr MM, Mushahwar VK. Management of spasticity after spinal cord injury: current techniques and future directions. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010;24:23–33.
- Ebert E. Gastrointestinal involvement in spinal cord injury: a clinical perspective. *J Gastrointest Liver Dis*. 2012;21:75–82.
- Sezer N, Akkuş S, Uğurlu FG. Chronic complications of spinal cord injury. *World J Orthop*. 2015;6:24–33.
- Sweis R, Biller J. Systemic complications of spinal cord injury. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2017;17:8.
- Sezer N. Chronic complications of spinal cord injury. *World J Orthop*. 2015 ;6:24–33.
- Ogura T, Kubo T, Lee K, Katayama Y, Kira Y, Aramaki S. Sympathetic skin response in patients with spinal cord injury. *J Orthop Surg*. 2004;12:35–9.
- Lim S-W, Shiue Y-L, Ho C-H, Yu S-C, Kao P-H, Wang J-J, et al. Anxiety and depression in patients with traumatic spinal cord injury: a nationwide population-based cohort study. *PLoS One*. 2017;12:e0169623. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28081205>.
- Wyndaele M, Wyndaele J-J. Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey. *Spinal Cord*. 2006;44:523–9.
- Aquarone RL, Faro ACM, Nogueira PC. Central neuropathic pain: implications on quality of life of spinal cord injury patients. *Rev Dor*. 2015;16:280–4.
- Testa MA, Simonson DC. Assessment of quality-of-life outcomes. *N Engl J Med*. 1996;334:835–40.
- Carr, A J, et al. Measuring quality of life: Is quality of life determined by expectations or experience. *BMJ*. 2001;322:1240–3.
- Felce D. Defining and applying the concept of quality of life. *J Intellect Disabil Res*. 1997;41:126–35.
- Albrecht GL, Devlieger PJ. The disability paradox: high quality of life against all odds. *Soc Sci Med*. 1999;48:977–88.
- Moons P. Why call it health-related quality of life when you mean perceived health status? *Eur J Cardiovasc Nurs*. 2004;3:275–7.
- Westgren N, Levi R. Quality of life and traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998;79:1433–9.
- Barker RN, Kendall MD, Amsters DI, Pershouse KJ, Haines TP, Kuipers P. The relationship between quality of life and disability across the lifespan for people with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2009;47:149–55.
- Schwartz CE, Stucky B, Rivers CS, Noonan VK, Finkelstein JA. Quality of life and adaptation in people with spinal cord injury: response shift effects from 1 to 5 years postinjury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99:1599–1608.
- Garshick E, Kelley A, Cohen SA, Garrison A, Tun CG, Gagnon D, et al. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2005;43:408–16.
- Sweis R, Biller J. Systemic complications of spinal cord injury. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2017;17:8.
- Eldahan KC, Rabchevsky AG. Autonomic dysreflexia after spinal cord injury: Systemic pathophysiology and methods of management. *Auton Neurosci*. 2018;209:59–70.
- Bauman WA, Spungen AM. Invited review carbohydrate and lipid metabolism in chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2001;24:266–77.
- Nash M, Mendez A. Nonfasting lipemia and inflammation as cardiovascular disease risks after sci. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2009;14:15–31.
- Thietje R, Pouw MH, Schulz AP, Kienast B, Hirschfeld S. Mortality in patients with traumatic spinal cord injury: descriptive analysis of 62 deceased subjects. *J Spinal Cord Med*. 2011;34:482–7.
- Kawanishi CY, Greguol M. Physical activity, quality of life, and functional autonomy of adults with spinal cord injuries. *Adapt Phys Act Q*. 2013;30:317–37.
- Martin Ginis KA, van der Scheer JW, Latimer-Cheung AE, Barrow A, Bourne C, Carruthers P, et al. Evidence-based scientific exercise guidelines for adults with spinal cord injury: an update and a new guideline. *Spinal Cord*. 2018;56:308–21.
- Maher JL, McMillan DW, Nash MS. Exercise and health-related risks of physical deconditioning after spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2017;23:175–87.
- Warburton DER, Bredin SSD. Reflections on physical activity and health: what should we recommend? *Can J Cardiol*. 2016;32:495–504.
- Evans MHS N, Wingo B, Sasso DPT E, Hicks A, Gorgey MPT AS, Harness EB. Exercise recommendations and considerations for persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96:1749–50.
- U.S. Department of Health and Human Services. Physical activity guidelines for americans. Washington, DC; 2018. Disponible en: https://health.gov/paguidelines/second-edition/pdf/Physical_Activity_Guidelines_2nd_edition.pdf
- Serra-Añó P, Pellicer-Chenoll M, García-Massó X, Morales J, Giner-Pascual M, González L-M. Effects of resistance training on strength, pain and shoulder functionality in paraplegics. *Spinal Cord*. 2012;50:827–31.
- Bye EA, Harvey LA, Gambhir A, Kataria C, Glinisky JV, Bowden JL, et al. Strength training for partially paralysed muscles in people with recent spinal cord injury: a within-participant randomised controlled trial. *Spinal Cord*. 2017;55:460–5.
- Jacobs PL. Effects of resistance and endurance training in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:992–7.
- Morres ID, Hatzigeorgiadis A, Stathi A, Comoutos N, Arpin-Cribbie C, Krommidas C, et al. Aerobic exercise for adult patients with major depressive disorder in mental health services: A systematic review and meta-analysis. *Depress Anxiety*. 2019;36:39–53.
- Wegner M, Helmich I, Machado S, Nardi A, Arias-Carrion O, Budde H. Effects of exercise on anxiety and depression disorders: review of meta- analyses and neurobiological mechanisms. *CNS Neural Disord - Drug Targets*. 2014;13:1002–14.
- Peluso MAM, Andrade LHSG de. Physical activity and mental health: the association between exercise and mood. *Clinics*. 2005;60:61–70.
- Kemp BJ, Bateham AL, Mulroy SJ, Thompson L, Adkins RH, Kahan JS. Effects of reduction in shoulder pain on quality of life and community activities among people living long-term with SCI paraplegia: a randomized control trial. *J Spinal Cord Med*. 2011;34:278–84.
- Yildirim A, Sürücü GD, Karamercan A, Gedik DE, Atci N, Dülgeroglu D, et al. Short-term effects of upper extremity circuit resistance training on muscle strength and functional independence in patients with paraplegia. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016;29:817–23.

Methods for measuring physical activity in children and their relationship with nutritional status: a narrative review

Eduardo Guzmán-Muñoz¹, Pablo Valdés-Badilla², Yeny Concha-Cisternas², Guillermo Méndez-Rebolledo¹, Marcelo Castillo-Retamal³

¹Escuela de Kinesiología. Facultad de Salud. Universidad Santo Tomás. Chile. ²Pedagogía en Educación Física. Facultad de Educación. Universidad Autónoma de Chile. Chile.

³Departamento de Ciencias de la Actividad Física. Universidad Católica del Maule. Talca. Chile.

Recibido: 19/07/2019
Aceptado: 04/03/2020

Summary

In recent decades, overweight and obesity have become a global epidemic that affects not only the adult population but also children and adolescents. In Spain the prevalence reaches 46%, with a greater presence in men. On the other hand, in some countries of Latin America the rates are close to 50% of overweight and obesity in children between 5 and 9 years old. Excess weight negatively affects the motor function of a child, causing a low ability to develop basic motor skills such as balance, gait and jumping. Also, overweight and obesity in children have been associated with a low motor repertoire, which translates into a delay in psychomotor development. These alterations influence the low motivation and interest in physical activity (PA) and less integration in games and sports practices. PA can be measured in different methods in children, the most commonly used instruments being pedometers, accelerometers and self-report questionnaires. The relationship between the level of PA and the nutritional status behaves in an inverse manner, that is, those with a higher BMI have low levels of PA. This occurs mainly in children older than 7 years old, since in children of lower ages this relationship is inconsistent. On the other hand, it has been possible to demonstrate the negative effects of low PA on motor skills and physical fitness in children, which is exacerbated by overweight and obesity in children. The regular performance of PA favours the development of motor skills in children with excess weight, favouring a more active participation in sports activities. Consequently, the development of effective intervention programs specifically targeting motor skills and physical fitness could help break the vicious circle of obesity and reduce the prevalence of comorbidities.

Key words:

Overweight. Obesity. Physical activity. Children.

Métodos de medición de la actividad física en niños y su relación con el estado nutricional: una revisión narrativa

Resumen

En las últimas décadas, el sobrepeso y obesidad se han convertido en una epidemia mundial que afecta no solo a la población adulta sino también a niños y adolescentes. En España la prevalencia alcanza el 46%, con mayor presencia en hombres. Por otro lado, en algunos países de América Latina, las tasas se acercan al 50% del sobrepeso y obesidad en niños de 5 a 9 años. El exceso de peso afecta negativamente la funcionalidad del niño, causando una baja capacidad para desarrollar habilidades motoras básicas como el equilibrio, marcha y salto. Además, el sobrepeso y obesidad en niños se han asociado con un bajo repertorio motor, que se traduce en un retraso del desarrollo psicomotor. Estas alteraciones influyen en la poca motivación e interés en la actividad física (AF) y en una menor integración en juegos y prácticas deportivas. La AF puede medirse con diferentes métodos en niños, siendo los instrumentos más utilizados los podómetros, acelerómetros y cuestionarios de autoreporte. La relación entre el nivel de AF y el estado nutricional se comporta de manera inversa, es decir, aquellos con un IMC más alto tienen niveles bajos de AF. Esto ocurre principalmente en niños mayores de 7 años, ya que en niños de edades más bajas esta relación es inconsistente. Por otro lado, ha sido posible demostrar los efectos negativos de bajo nivel de AF en las habilidades motoras y condición física en niños, que se ve agravada por el sobrepeso y obesidad. La práctica regular de AF favorece el desarrollo de habilidades motoras en niños con exceso de peso, favoreciendo una participación más activa en actividades deportivas. En consecuencia, el desarrollo de programas de intervención eficaces dirigidos específicamente a las habilidades motoras y condición física podría ayudar a romper el círculo vicioso de la obesidad y reducir la prevalencia de comorbilidades.

Palabras clave:

Sobrepeso. Obesidad. Actividad física. Niños.

Correspondencia: Eduardo Enrique Guzmán Muñoz
E-mail: eguzmanm@santotomas.cl

Introduction

In recent decades, overweight and obesity have become a global epidemic that affects not only the adult population but also children and adolescents. In 2010, the prevalence of overweight and obesity among pre-school children increased by 60% since 1990, affecting some 43 million children worldwide¹. In the United States of America, 29% of children and adolescents have excess weight², while in Spain the prevalence reaches 46%, with a greater presence in men³. On the other hand, in some countries of Latin America the rates are close to 50% of overweight and obesity in children between 5 and 9 years old⁴.

Excess weight has a negative effect on a child's motor function. Studies have described that children who are overweight and obese have a low ability to develop basic motor skills such as balance, gait and jumping⁵⁻⁸. Also, overweight and obesity in children have been associated with a low motor repertoire, which translates into a delay in psychomotor development^{6,9}. These changes influence the low motivation and interest in physical activity (PA) and less integration in games and sports practices^{6,10}. It has been described that the motor capacity improves with the regular practice of PA, where the motor performance is related to the quantity and diversity of motor proposals that are offered to children¹⁰.

For its part, PA plays an important role in the prevention of overweight and obesity in childhood and adolescence, and in reducing the risk of obesity in adulthood¹¹. Although the levels of PA in adolescents have been studied more frequently, those of children have not received as much attention¹². Currently, the most important official reports on PA levels in children have been based on data obtained through pedometers, accelerometers and self-report questionnaires. Many countries and organisations have developed PA recommendations for children and young people of school age¹³. With few exceptions, these countries and organisations recommend that children and adolescents should participate in at least 60 minutes of moderate to vigorous daily PA^{14,15}. It has been seen that children who have higher levels of PA have a better physical fitness and greater development of motor skills¹⁵. Therefore, studying the levels of regular PA and its consequences in children has become a major challenge in both health and research.

Methodology

Search strategy

In the period between October 2018 and February 2019, an exhaustive search was performed of the scientific literature concerning the existing links between the PA level and the nutritional status in children. To discover and obtain the academic articles, PubMed, Scopus, ScienDirect, SciELO and Ovid databases were used.

Combinations of the following key terms were used to search the above databases: PA level terms ("physical activity", "exercise"); Children terms ("children", "child", "schoolchildren" and "creschool child"); general measurement terms ("measures", "measurement", "instruments", "tools", "tests", "assessment", "testing"); nutritional status terms ("obesity", "pediatric obesity", "overweight", "body mass index"); and functional terms: ("fitness", "motor development", "motor skills").

Study selection

The articles compiled are in Spanish, English and Portuguese. The selection was performed using three filters: 1) The articles taken from the database were initially selected for their titles, ruling out publications that were clearly not related to the study objective; 2) Next, the abstracts were read, selecting the studies that were directly related to the central interest of this work, identifying the publications that appeared in more than one database. Then the complete texts of the potential articles were recovered to be put through the final filter; 3) In this phase a critical reading, analysis and assessment was performed on each study, to check the methodological truthfulness and quality. Each study was assessed independently by at least 3 of the authors. Finally, to develop each component of this study, publications with the highest relevance and importance were included.

Results

Next the exhaustive review of the literature obtained during the search of the consulted databases uncovered a total of 115 potentially eligible articles, of which a sample of 39 articles was taken of those in which the authors backed up their findings with the best theoretical bases, as well as using effective methodology and having greater scientific relevance.

Instruments to quantify the level of PA in children

Pedometry

Consists of counting the number of steps a subject gives through an internal sensor that detects accelerations and decelerations in a single direction of movement when taking a step¹⁶. In general, it provides a measure of the total PA in a given period of time, however it is unable to measure intensity, record activities such as cycling and detect increases in energy expenditure due to transport of objects or walking and running on a slope¹⁶. Recent studies have summarised the considerations for evaluating PA using pedometers in children¹⁷⁻¹⁹. These reviews have provided recommendations regarding the monitoring periods and the time of use of the pedometer. It has been suggested that it takes between 4 and 9 days to capture the usual activity in children and adolescents^{19,20}. However, compliance decreases with increases in the monitoring period; therefore, it is more feasible to opt for 4 full days with at least 1 day of the weekend¹⁷. A problem related to the monitoring of the frame is the time of use of the pedometer. In monitoring studies, participants are usually asked to record in a diary the time of the morning the pedometer was placed, along with any time during the day they left. It has been recommended that in the monitoring studies the data of a particular day be excluded if a participant reports on the elimination of his pedometer for more than 1 hour on that day^{17,21}. It is recommended to use from 3 years onwards regardless of their nutritional status^{19,22}, however most studies have evaluated children older than 5 years¹⁹. The recommendations establish that children of both genders should walk at least 12,000 steps/day to be classified as physically active²³. In addition, Tudor-Locke *et al.*²⁴ have proposed different values for boys (15,000 steps/day) and girls (12,000 steps/day) in order to prevent childhood overweight and obesity, measured by body mass index (BMI).

Accelerometry

Accelerometers are the most used method to objectively quantify PA and have been used in different populations²⁵⁻²⁷. Accelerometers quantify movement over a period of time by measuring the frequency, duration, and intensity of the PA, as well as the PA patterns^{26,27}. During the last few years there has been a great increase in the number and variety of PA monitors commercially available in the market. Accelerometers are reasonably reliable and valid measures of PA. Its small size makes it a practical and comfortable instrument to wear. Accelerometers can provide a comprehensive profile of the behaviour of the PA, describing the total amount and intensity of the PA, the when and how the PA accumulates, and when periods of inactivity occur²⁸. However, they do not provide information on the type of activity and cannot estimate whether people are walking with or without a load²⁸. Most appropriate, is that the accelerometer is worn for seven consecutive days, since the subjects do not follow the same pattern of PA every day. Other authors, however, indicate that 5 days is enough, including the weekend. In order to analyse the PA record and follow up, most authors agree that subjects must fill out a "record sheet" to supplement the data acquired by the accelerometers²⁸. The use of accelerometry is a widely accepted form of objective monitoring of free-living PA in children with any nutritional status and it is recommended to use from 3 years onwards due to its simplicity in use, a relatively cheap economic cost and low physical load for participants²⁹⁻³².

Among the most commonly used models of accelerometers as PA measurement instruments, are ActiGraph and ActivPal. During the last 10 years, ActiGraph accelerometers (AM7164 or CSA, GT1M, GT3X and GT3X +) have been used to evaluate PA levels and sedentary behaviours at all ages. They are practical and widely used devices that measure accelerations (counts) and are generally worn at the waist with an adjustable strap. Although these devices are used in many studies, they still have some limitations. First, ActiGraph accelerometers do not measure posture, but measure PA and time without movement. Because these accelerometers use traditional vertical accelerations to define sedentary behaviour, the device can reliably detect dynamic events, but cannot distinguish between standing and sitting³³. As a consequence, the periods of sitting and some standing are classified as sedentary behaviour³³. Some studies classify standing still as a light PA because standing is related to the large muscles of the lower part of the body and, therefore, a distinction must be made with sedentary behaviour. A second limitation of these accelerometers is that several calibration studies have defined different cut-off points of the accelerometer to estimate time in sedentary behaviour in young children from 3 to 8 years old³⁴, therefore, there is no clear consensus in this regard. On the other hand, ActivPAL devices are also relatively new accelerometers that are used to measure the activity of daily living and sedentary behaviour in different age groups. It is a small, single-unit, lightweight PA monitor and used at the thigh level. With this accelerometer the position and activity of the limbs can be detected, which gives rise to different postures that will be determined in three different categories depending on the inclination of the thigh (sitting/lying down, standing and walking). Because accelerometry is not able to discriminate between activities when there is no movement (for example, between sitting and standing),

the inclination and/or rotation of the thigh could indicate the difference between sitting and standing³⁵.

Regarding cut-off points to classify PA levels in children, Riddoch *et al.*³⁶ revealed that 3 METs were equivalent to roughly 1000 counts per minute (cpm) among 9-year-old children, establishing it as the cut-off score to discriminate active and inactive children. However, Puyau *et al.*³⁷ defined physically active children as activity counts above 3200 cpm. The lack of standardization regarding how accelerometers are used, which outcome measures are used and how the output is interpreted³⁸. This limits comparability between studies and the accumulation of knowledge relating to children's activity³⁸.

Self-report questionnaires

PA can be measured objectively by different methods, requiring special devices that can be very expensive and impractical for population studies in children³⁹. Therefore, subjective methods using questionnaires represent a viable tool for studies based on large populations^{40,41}. The self-report questionnaire used internationally to estimate the level of PA is the *Physical Activity Questionnaire for older Children* (PAQ-C). This is a self-administered questionnaire designed to measure moderate to vigorous PA performed in the last 7 days in children and adolescents^{42,43}. It consists of ten items, nine of which are used to calculate the level of activity and the other item assesses if any illness or other event prevented the child from doing their regular activities in the last week⁴². The administration time of the instrument is around 20 minutes⁴⁴. The overall result of the questionnaire is a score of 1 to 5, so that higher scores indicate a higher level of activity. The PAQ-C in its original version has shown a good internal consistency, test retest reliability, and has been shown to correlate with other instruments that measure PA as the accelerometer⁴⁵. The recommended ages for the administration of PAQ-C range between 8 to 12 years and any nutritional status⁴⁶. After 12 years there are other questionnaires such as Physical Activity Questionnaire for adolescents (PAQ-A)⁴⁴. Due to the nature of children's activity and children's limited ability for recall, objective techniques are recommended for the assessment of their PA in children under 8 years³⁸. For the PAQ-C the cut-off point near 2.75 has been suggested to discriminate between children with low and high PA levels⁴⁷.

Table 1 shows a comparative of the most used instruments to measure the level of PA in children.

Relationship between the level of PA and nutritional status in children

Among the main factors that influence the nutritional status of children, the level of PA is considered as one of the most determining^{48,49}, however, the information available is inconsistent and controversial regarding the relationship between the level of PA and nutritional status in children. There are studies that indicate that children who are overweight and obese have a low level of PA compared to their similar normal weight⁴⁸⁻⁵⁴. More active children present lower body fat percentage, as well as lower values of the BMI⁵⁵. Muros *et al.* (2016), reported negative associations between the BMI and the percentage of

Table 1. Comparison of the instruments of measurement of physical activity in children.

	Pedometry	Accelerometry	Self-report questionnaires
Type of measurement	Direct	Direct	Indirect
Economic cost	Medium	High	Low
Evaluation time	4-9 days ^{19,20}	5-7 days ²⁸	20 minutes ⁴⁴
Recommended ages	From 3 years old onwards ^{19,22}	From 3 years old onwards ^{31,32}	8-12 years of age ⁴⁶
Advantage	Portable and objective method that allows to evaluate any type of population. In children, you do not need to be able to understand instructions or remember their activities ¹⁶ .	Portable and objective method that allows to evaluate any type of population. In children, you do not need to be able to understand instructions or remember their activities ²⁸ .	Recommended for large populations for simplicity of application and time required for evaluation ^{38,44} .
Disadvantage	Inability to measure intensity, record counts during cycling and record increases in energy expenditure due to carrying objects or walking/running uphill ⁴² . The display of the step counter in children can alter the measurement (it is recommended to 'blind' children to their scores by sealing the pedometers) ^{16,38} .	Lack of standardization regarding how accelerometers are used, which outcome measures are used and how the output is interpreted ⁴⁴ . This limits comparability between studies and the accumulation of knowledge relating to children's activity ³⁸ .	Its use depends on the ability of children and parents to remember their activities in the last 7 days ³⁸ .

fat with the level of PA measured through the PAQ-C in schoolchildren between 9 and 11 years old, that is, children who performed lower PA had a tendency to be overweight and obese⁴⁸. In this same context, the systematic review carried out by Jimenez-Pavon *et al.* concluded that the high levels of PA measured with pedometry and accelerometry showed a protective factor in the development of corporal adiposity and childhood obesity⁴⁹. Compared to non-obese children, obese children are less active and participate less in moderate and/or intense activities, with predominance of low intensity activities^{56,57}. However, when it is considered that the chance for an obese child to be less active is twice higher than a normal weight children⁵⁵, this reinforces the hypothesis that the nutritional status can determine the level of the PA in obese children⁴⁹, and to make difficult to control the excessive body fat. This means that those children are less active than the obese ones, rather than being obese simply because they are less active. But it is worthy to mention the importance to practice physical activities, once active children from early ages are more likely to remain active in the adult age⁵⁵.

On the other hand, there are investigations that indicate that the level of PA does not influence the nutritional status in children⁵⁸⁻⁶¹. Nava *et al.* (2011), evaluated children between 4 and 7 years old through a self-report questionnaire and found a significant relationship between the level of PA with eating habits, but not with nutritional status, which coincides with what was described by other authors^{62,63}. The results in this age range are interesting because apparently the influence of PA does not manage to impact as strongly as it does in later stages of childhood. It has been reported that the first parameter that is modified with the change of eating habits is PA, and that the affectation of anthropometric parameters, such as BMI, manifests itself in prolonged periods of behavioural changes⁶².

Impact of the low level of PA on motor function of children with overweight and obese

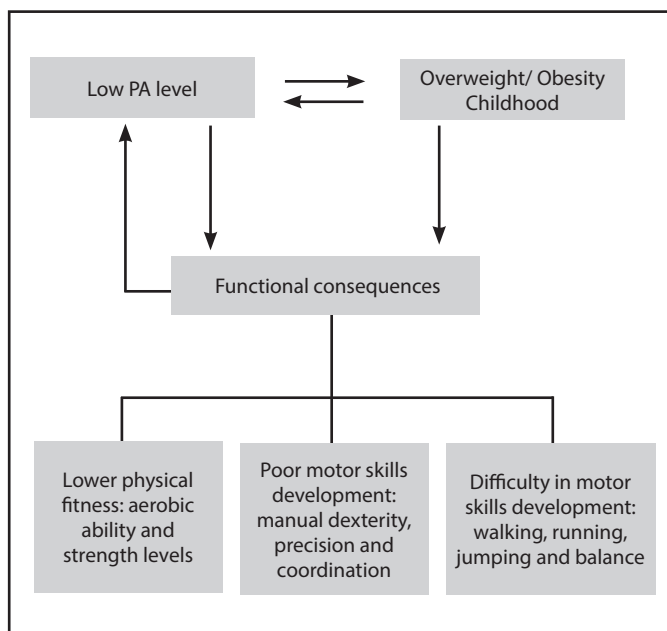
PA is often assumed to be causally related to motor function, suggesting that the most active individuals usually have a better physical fitness and motor ability. However, there are few studies that describe the functional consequences of low levels of PA in children. It has been seen that children under 12 years are overweight and obese, and also with a low level of PA have a lower cardiorespiratory fitness and lower levels of force upper and lower body compared to children with high levels of PA⁴⁸. In this sense, the studies indicate that males have better physical fitness than girls in the variables of cardiovascular endurance, muscular strength, muscular endurance, speed and power^{48,64}. With respect to motor development, it has been reported that children with low levels of PA have a poor development of motor skills such as control of objects, precision, coordination and postural balance^{65,66}. Also, it has been described that children with low levels of PA have less ability in the development of motor skills such as walking, running and jumping⁶⁷⁻⁷¹. Burgui *et al.* (2011), observed weak to moderate associations between PA and motor skills (that is, agility and balance) in pre-schoolers⁷². They found that higher baseline PA was associated with beneficial changes in motor skills at follow-up. This data suggest that the relationship between PA and motor skills is dominated by the impact of PA on motor skills⁷². This would be in accordance with the model of Stodden *et al.* (2008) that assumes that young children's PA might drive their development of motor skill competence⁷³. This model suggests that in early childhood the relationship between PA and motor skills is still weak, but strengthens over time⁷³. It appears plausible to argue that in young children, initial

high motor skills performance levels per se do not guarantee a more active lifestyle, but that there is a need to continuously promote PA throughout childhood⁷².

Fang *et al.* (2017), indicated that PA was positively associated with agility, balance, and aerobic fitness⁷⁴. Physical fitness among normal-weight preschool children was significantly better obese and overweight children were less physically active and had lower physical fitness than normal-weight children in comparison to their overweight counterparts⁷⁴. Similar results were reported that obese and overweight children were less physically active and had lower physical fitness than normal-weight children⁷⁵. Research has noted a gender difference in the relationship between fitness and PA level. In boys, it has been proposed that a high level of PA has a relationship with body fat, upper limb muscular strength, explosive strength, agility and aerobic fitness⁷⁴. For girls, a high level of PA showed associations with balance, agility and aerobic fitness⁷⁴.

A hierarchical order of development of motor skills has been proposed that includes four levels: reflexes, fundamental motor skills, transitional motor skills and specific skills of the sport⁷⁶. The progression through each level occurs over time as a result of growth, maturation and experience. However, failure to achieve optimal competencies in basic and transitional motor skills limits the development of PA and, consequently, promotes the development of overweight and obesity in children^{69,70,76}. Therefore, low levels of PA during childhood combined with excess weight contribute to poor physical fitness, and reduce confidence in the motor skills of these children to participate in sports and PA⁷⁷. In contrast, the improvement of motor skills has the potential to improve children's motivation to participate in PA due to better self-esteem and greater fun, which could help break the vicious circle of obesity (Figure 1)^{77,78}.

Figure 1. Functional consequences of the low level of PA and its relationship with childhood overweight and obesity.



Although several investigations have shown that an PA program improves motor skills and physical fitness in children⁷⁹⁻⁸⁴, there are few studies that have analysed the effects of PA on motor function, specifically in groups with excess weight. Among the interventions through PA in obese children, it has been seen that in 13 weeks, with sessions of 3 times per week, the motor skills improved, specifically, precision skills, manual dexterity, coordination and balance⁸⁵. While other authors have proposed that intervention programs between 8 and 9 months (2-3 times per week) improve motor skills such as walking, running and jumping in children with overweight and obesity⁸⁶⁻⁸⁸. Consequently, PA can positively impact the motor function of overweight and obese children, helping to reduce the presence of comorbidities⁸⁹.

Conclusions

PA can be measured in different methods in children, the most commonly used instruments being pedometers, accelerometers and self-report questionnaires. Due to their portability, objectivity in measurement and consensus on cut-off scores to classify PA levels, pedometers seem to be the most recommended measurement method in children of all ages. Although accelerometers are an alternative that delivers a greater number of variables, in children there is little consensus regarding cut-off scores to determine the PA level. For its part, the self-report questionnaires are the most economical and simple alternative, in children under 8 years of age their use is not recommended.

The relationship between the level of PA and the nutritional status behaves in an inverse manner, that is, those with a higher BMI have low PA levels. This occurs mainly in children older than 7 years, since in children of lower ages this relationship is inconsistent. On the other hand, it has been possible to demonstrate the negative effects of low PA on motor skills and physical fitness in children, which is exacerbated by overweight and obesity in children. The regular performance of PA favours the development of motor skills in children with excess weight, favouring a more active participation in sports activities. Consequently, the development of effective intervention programs specifically targeting motor skills and physical fitness could help break the vicious circle of obesity and reduce the prevalence of comorbidities.

Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

References

1. De Onis M, Blossner M, Borghi E. Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *Am J Clin Nutr.* 2010;92:1257-64.
2. 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;384:766-81.
3. Sanchez-Cruz JJ, Jimenez-Moleon JJ, Fernandez-Quesada F, Sanchez MJ. Prevalence of child and youth obesity in Spain in 2012. *Rev Esp Cardiol.* 2013;66:371-6.
4. Tobarra SE, Castro OÓ, Badilla CR. Estado nutricional y características socioepidemiológicas de escolares chilenos, OMS 2007. *Rev Chil Pediatr.* 2015;86:12-7.
5. King AC, Challis JH, Bartok C, Costigan FA, Newell KM. Obesity, mechanical and strength relationships to postural control in adolescence. *Gait Posture.* 2012;35:261-5.

6. Cigarroa I, Sarqui C, Zapata-Lamana R. Effects of physical inactivity and obesity in psychomotor development in children: A review of Latin American news. *Univ Salud* 2016;18:156-69.
7. Guzmán-Muñoz E, Sazo-Rodríguez S, Valdés-Badilla P, Méndez-Rebolledo G, Concha-Cisternas Y, Castillo-Retamal M. Valoración del control postural en niños con sobrepeso y obesidad. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2017;37:83-8.
8. Guzman-Munoz E, Valdes-Badilla P, Concha-Cisternas Y, Mendez-Rebolledo G, Sazo-Rodríguez S. Influence of nutritional status on postural balance in children: a pilot study. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 2017;21:49-54.
9. Cheng J, East P, Blanco E, Sim EK, Castillo M, Lozoff B, et al. Obesity leads to declines in motor skills across childhood. *Child Care Health*. 2016;42:343-50.
10. Bucco-dos Santos L, Zubiaur-González M. Desarrollo de las habilidades motoras fundamentales en función del sexo y del índice de masa corporal en escolares. *Cuad Psicol Deporte*. 2013;13:63-72.
11. Dehghan M, Akhtar-Danesh N, Merchant AT. Childhood obesity, prevalence and prevention. *Nutr J*. 2005;4:1.
12. Anderson SE, Economos CD, Must A. Active play and screen time in US children aged 4 to 11 years in relation to sociodemographic and weight status characteristics: a nationally representative cross-sectional analysis. *Bmc Public Health*. 2008;8:366.
13. Janssen I. Physical activity guidelines for children and youth. *Can J Public Health*. 2007;98S:109-21.
14. Janssen I, LeBlanc AG. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2010;7:40.
15. Poiras VJ, Gray CE, Borghese MM, Carson V, Chaput JP, Janssen I, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(6 Suppl 3):S197-239.
16. Lubans DR, Plotnikoff RC, Miller A, Scott JJ, Thompson D, Tudor-Locke C. Using pedometers for measuring and increasing physical activity in children and adolescents: the next step. *Am J Lifestyle Med*. 2015;9:418-27.
17. Tudor-Locke C, McClain JJ, Hart TL, Sisson SB, Washington TL. Pedometer methods for assessing free-living youth. *Res Q Exerc Sport*. 2009;80(2):175-84.
18. Rowlands AV, Eston RG, Ingledew DK. Relationship between activity levels, aerobic fitness, and body fat in 8- to 10-yr-old children. *J Appl Physiol*. 1999;86:1428-35.
19. Clemes SA, Biddle SJH. The use of pedometers for monitoring physical activity in children and adolescents: Measurement considerations. *J Phys Act Health*. 2013;10:249-62.
20. Lubans DR, Morgan PJ, Tudor-Locke C. A systematic review of studies using pedometers to promote physical activity among youth. *Prev Med*. 2009;48:307-15.
21. Tudor-Locke C, McClain JJ, Hart TL, Sisson SB, Washington TL. Expected values for pedometer-determined physical activity in youth. *Res Q Exerc Sport*. 2009;80:164-74.
22. Otiver M, Schofield GM, Kolt GS, Schluter PJ. Pedometer accuracy in physical activity assessment of preschool children. *J Sci Med Sport*. 2007;10:303-10.
23. Colley RC, Janssen I, Tremblay MS. Daily step target to measure adherence to physical activity guidelines in children. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44:977-82.
24. Tudor-Locke C, Pangrazi RP, Corbin CB, Rutherford WJ, Vincent SD, Raustorp A, et al. BMI-referenced standards for recommended pedometer-determined steps/day in children. *Prev Med*. 2004;38:857-64.
25. Aznar S, Naylor PJ, Silva P, Perez M, Angulo T, Laguna M, et al. Patterns of physical activity in Spanish children: a descriptive pilot study. *Child Care Health Dev*. 2011;37:322-8.
26. Aguilar-Farías N, Martino-Fuentealba P, Espinoza-Silva M. Objectively measured physical activity and sedentary behaviour patterns in Chilean pre-school children. *Nutr Hosp*. 2015;32:2606-12.
27. Aguilar-Farías N, Brown WJ, Peeters G. ActiGraph GT3X+ cut-points for identifying sedentary behaviour in older adults in free-living environments. *J Sci Med Sport*. 2014;17:293-9.
28. Aparicio-Ugarriza R, Aznar S, Mielgoayuso J, Benito PJ, Pedrero-Chamizo R, Ara I, et al. Estimación de la actividad física en población general: métodos instrumentales y nuevas tecnologías. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2015;21(Supl 1):215-24.
29. Chen KY, Bassett DR. The technology of accelerometry-based activity monitors: Current and future. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:S490-S500.
30. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:181-8.
31. Pate RR, O'Neill JR, Mitchell J. Measurement of physical activity in preschool children. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:508-12.
32. Bornstein DB, Beets MW, Byun W, McIver K. Accelerometer-derived physical activity levels of preschoolers: A meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2011;14:504-11.
33. Cliff DP, Reilly JJ, Okely AD. Methodological considerations in using accelerometers to assess habitual physical activity in children aged 0-5 years. *J Sci Med Sport*. 2009;12:557-67.
34. Van Cauwenberghe E, Labarque V, Trost SG, De Bourdeaudhuij I, Cardon G. Calibration and comparison of accelerometer cut points in preschool children. *Int J Pediatr Obes*. 2011;6:E582-E9.
35. Kozey-Keadle S, Libertine A, Lyden K, Staudenmayer J, Freedson PS. Validation of wearable monitors for assessing sedentary behavior. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:1561-7.
36. Riddoch CJ, Andersen LB, Wedderkopp N, Harro M, Klasson-Heggebo L, Sardinha LB, et al. Physical activity levels and patterns of 9-and 15-yr-old European children. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:86-92.
37. Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Butte NF. Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes. Res*. 2002;10:150-7.
38. Rowlands AV, Eston RG. The measurement and interpretation of children's physical activity. *J Sport Sci Med*. 2007;6:270-6.
39. Barbosa N, Sanchez CE, Vera JA, Perez W, Thalabard JC, Rieu M. A physical activity questionnaire: Reproducibility and validity. *J Sports Sci Med*. 2007;6:505-18.
40. Janz KF, Lutuchy EM, Wenthe P, Levy SM. Measuring activity in children and adolescents using self-report: PAQ-C and PAQ-A. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:767-72.
41. Herazo-Beltrán AY, Domínguez-Anaya R. Confiabilidad del cuestionario de actividad física en niños colombianos. *Rev Salud Pública*. 2012;14:802-9.
42. Manchola-Gonzalez J, Bagur-Calafat C, Girabent-Farres M. Reliability of the spanish version of questionnaire of physical activity PAQ-C. *Rev Int Med Cienc Ac*. 2017;17:139-52.
43. Crocker PRE, Bailey DA, Faulkner RA, Kowalski KC, McGrath R. Measuring general levels of physical activity: Preliminary evidence for the physical activity questionnaire for older children. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29:1344-9.
44. Biddle SJH, Gorely T, Pearson N, Bull FC. An assessment of self-reported physical activity instruments in young people for population surveillance: Project ALPHA. *J. Behav. Nutr. Phys. Act*. 2011;8:9.
45. Chinapaw MJM, Mokkink LB, van Poppel MNM, van Mechelen W, Terwee CB. Physical activity questionnaires for youth. A systematic review of measurement properties. *Sports Med*. 2010;40:539-63.
46. Kowalski KC, Crocker PRE, Faulkner RA. Validation of the physical activity questionnaire for older children. *Pediatr Exerc Sci*. 1997;9:174-86.
47. Benitez-Porres J, Ramon Alvero-Cruz J, Sardinha LB, Lopez-Fernandez I, Carnero EA. Cut-off values for classifying active children and adolescents using the Physical Activity Questionnaire: PAQ-C and PAQ-A. *Nutr Hosp*. 2016;33:1036-44.
48. Muros JJ, Cofre-Bolados C, Zurita-Ortega F, Castro-Sanchez M, Linares-Manrique M, Chacon-Cuberos R. Relationship between physical fitness, physical activity, and different anthropometric parameters in school children in Santiago (Chile). *Nutr Hosp*. 2016;33:314-8.
49. Jimenez-Pavon D, Kelly J, Reilly JJ. Associations between objectively measured habitual physical activity and adiposity in children and adolescents: Systematic review. *Int J Pediatr Obes*. 2010;5:3-18.
50. MacMillan N, Rodriguez F, Paez J. Nutritional status, feeding behavior and physical activity of first grade school children from Chilean Easter Island in the last decade. *Rev Chil Nutr*. 2016;43:375-80.
51. Olivares C S, Bustos Z N, Moreno H X, Lera M L, Cortez F S. Food and physical activity attitudes and practices in obese children and their mothers in Santiago, Chile. *Rev Chil Nutr*. 2006;33:170-9.
52. Lioret S, Maire B, Volatier JL, Charles MA. Child overweight in France and its relationship with physical activity, sedentary behaviour and socioeconomic status. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61:509-16.
53. Must A, Tybor DJ. Physical activity and sedentary behavior: a review of longitudinal studies of weight and adiposity in youth. *Int J Obes*. 2005;29:S84-S96.
54. Anderson YC, Wynter LE, Grant CC, Stewart JM, Cave TL, Wild CK, et al. Physical activity is low in obese New Zealand children and adolescents. *Scie Rep*. 2017;7.
55. Baruki SBS, Rosado LEFPdL, Rosado GP, Ribeiro RdCL. Associação entre estado nutricional e atividade física em escolares da Rede Municipal de Ensino em Corumbá - MS. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12:90-4.
56. Trost SG, Kerr LM, Ward DS, Pate RR. Physical activity and determinants of physical activity in obese and non-obese children. *Int J Obes*. 2001;25:822-9.
57. Lazzar S, Boirie Y, Bitar A, Montaurier C, Vernet J, Meyer M, et al. Assessment of energy expenditure associated with physical activities in free-living obese and nonobese adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2003;78:471-9.
58. Nava B MC, Pérez G A, Herrera HA, Hernández H RA. Anthropometric-nutritional assessment, dietary habits and physical activity in preschool children. *Rev Chil Nutr* 2011;38:301-12.

59. Trejo PM, Jasso S, Mollinedo FE, Lugo LG. Relación entre actividad física y obesidad en escolares. *Rev Cubana Med Gen Integr.* 2012;28:34-41.
60. Sanchez PH, Alonso JD, Sevillano PL, Gonzalez MDE, Valle MI, Lopez GM, et al. Prevalence of obesity and overweight in adolescents from Canary Islands, Spain. Relationship with breakfast and physical activity. *Med Clin.* 2008;130:606-10.
61. Yulia C, Khomsan A, Sukandar D, Riyadi H. nutritional status, physical activity, and sedentary activity of school children in urban area, West Java, Indonesia. *Jurnal Gizi Dan Pangan.* 2018;13:123-30.
62. Fanjiang G, Kleinman RE. Nutrition and performance in children. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2007;10:342-7.
63. Vásquez V F, Cardona H O, Andrade S M, Salazar R G. Energy balance, body composition and physical activity in eutrophic and obese preschool children. *Rev Chil Pediatr.* 2005;76:266-74.
64. Lopes VP, Rodrigues LP, Maia JAR, Malina RM. Motor coordination as predictor of physical activity in childhood. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21:663-9.
65. Utesch T, Dreiskaemper D, Naul R, Geukes K. Understanding physical (in-) activity, overweight, and obesity in childhood: Effects of congruence between physical self-concept and motor competence. *Scie Rep.* 2018;8.
66. DuBose KD, McMillan AG, Wood AP, Sisson SB. Joint relationship between physical activity, weight status, and motor skills in children aged 3 to 10 years. *Percept Mot Skills.* 2018;125:478-92.
67. Laukkanen A, Pesola A, Havu M, Saakslahhti A, Finni T. Relationship between habitual physical activity and gross motor skills is multifaceted in 5-to 8-year-old children. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24:102-10.
68. Holfelder B, Schott N. Relationship of fundamental movement skills and physical activity in children and adolescents: A systematic review. *J Sport Exerc Psychol.* 2014;15:382-91.
69. Logan SW, Kipling Webster E, Getchell N, Pfeiffer KA, Robinson LE. Relationship between fundamental motor skill competence and physical activity during childhood and adolescence: A systematic review. *Kinesiol Rev.* 2015;4:416-26.
70. Williams HG, Pfeiffer KA, O'Neill JR, Dowda M, McIver KL, Brown WH, et al. Motor skill performance and physical activity in preschool children. *Obesity.* 2008;16:1421-6.
71. Wrotniak BH, Epstein LH, Dorn JM, Jones KE, Kondilis VA. The relationship between motor proficiency and physical activity in children. *Pediatrics.* 2006;118:E1758-E65.
72. Burgi F, Meyer U, Granacher U, Schindler C, Marques-Vidal P, Kriemler S, et al. Relationship of physical activity with motor skills, aerobic fitness and body fat in preschool children: a cross-sectional and longitudinal study (Ballabeina). *Int J Obes.* 2011;35:937-44.
73. Stodden DF, Goodway JD, Langendorfer SJ, Robertson MA, Rudisill ME, Garcia C, et al. A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: An emergent relationship. *Quest.* 2008;60:290-306.
74. Fang H, Quan MH, Zhou T, Sun SL, Zhang JY, Zhang HB, et al. Relationship between physical activity and physical fitness in preschool children: A cross-sectional study. *Biomed Res Int.* 2017;8.
75. Raistenskis J, Sidlauskienė A, Strukcinskienė B, Baysal SU, Buckus R. Physical activity and physical fitness in obese, overweight, and normal-weight children. *Turk J Med Sci.* 2016;46:443-50.
76. Seefeldt V. Developmental motor patterns: Implications for elementary school physical education. *Psychol Motor Behav Sport.* 1980;36:314-23.
77. Hills AP, Andersen LB, Byrne NM. Physical activity and obesity in children. *Br J Sports Med.* 2011;45:866-70.
78. Loprinzi PD, Davis RE, Fu Y-C. Early motor skill competence as a mediator of child and adult physical activity. *Prev Med Rep.* 2015;2:833-8.
79. Ericsson I, Karlsson MK. Motor skills and school performance in children with daily physical education in school - a 9-year intervention study. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24:273-8.
80. Reilly JJ, Kelly L, Montgomery C, Williamson A, Fisher A, McColl JH, et al. Physical activity to prevent obesity in young children: cluster randomised controlled trial. *BMJ.* 2006;333:1041-3.
81. Vernadakis N, Papastergiou M, Zetou E, Antoniou P. The impact of an exergame-based intervention on children's fundamental motor skills. *Comput Educ.* 2015;83:90-102.
82. Zeng N, Ayyub M, Sun HC, Wen X, Xiang P, Gao Z. Effects of physical activity on motor skills and cognitive development in early childhood: A Systematic review. *Biomed Res Int.* 2017;1-13.
83. Monsalves-Alvarez M, Castro-Sepulveda M, Zapata-Lamana R, Rosales-Soto G, Salazar G. Motor skills and nutritional status outcomes from a physical activity intervention in short breaks on preschool children conducted by their educators: a pilot study. *Nutr Hosp.* 2015;32:1576-81.
84. Larsen KT, Huang T, Larsen LR, Olesen LG, Andersen LB, Moller NC. The effect of a multi-component camp-based weight-loss program on children's motor skills and physical fitness: a randomized controlled trial. *BMC Pediatr.* 2016;16:91-9.
85. Pienaar A, Du Toit D, Truter L. Improved motor proficiency in 9- to 12-year-old obese children after participating in a multidisciplinary physical activity intervention. *J Sports Med Phys Fit.* 2013;415-27.
86. Morano M, Colella D, Rutigliano I, Fiore P, Pettoello-Mantovani M, Campanozzi A. A multi-modal training programme to improve physical activity, physical fitness and perceived physical ability in obese children. *J Sports Sci.* 2014;32:345-53.
87. Morano M, Colella D, Rutigliano I, Fiore P, Pettoello-Mantovani M, Campanozzi A. Changes in actual and perceived physical abilities in clinically obese children: A 9-month multi-component intervention study. *Plos One.* 2012;7:1-8.
88. Sola K, Brekke N, Brekke M. An activity-based intervention for obese and physically inactive children organized in primary care: feasibility and impact on fitness and BMI A one-year follow-up study. *Scand J Prim Health Care.* 2010;28:199-204.
89. Han A, Fu A, Cogley S, Sanders RH. Effectiveness of exercise intervention on improving fundamental movement skills and motor coordination in overweight/obese children and adolescents: A systematic review. *J Sci Med Sport.* 2018;21:89-102.



XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE

UNIVERSIDAD, CIENCIA Y MEDICINA AL SERVICIO DEL DEPORTE



Nueva fecha
25-27 de noviembre de 2021

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

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

XVIII Congreso Internacional de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

Fecha

25-27 de Noviembre de 2021

Lugar

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

Secretaría Científica

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

Secretaría Técnica

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

SESIONES PLENARIAS Y PONENCIAS OFICIALES

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

Idioma oficial

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

Agenda

2020		
2nd China International Sports Health Exhibition 2020	28-30 Abril Beijín (China)	web: www.sportandhealth.com.cn
II Congreso Internacional de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Psicología de la Actividad Física y del Deporte (SOLCPAD)	7-9 Mayo Córdoba (Argentina)	web: www.solcpad.com
I Congreso Internacional Online Ortobiología. Medicina Regenerativa Musculo-esquelética	8-13 Junio Online	web: www.ortobiologia.com
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)	www.globalevents.gr
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
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 (Hungría)	web: http://efsma.eu/
Congreso Mundial de Podología	Barcelona	web: www.fip-ifp.org
XVIII Congreso Internacional SEMED-FEMEDE	25-27 Noviembre Murcia	web: www.femede.es
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 "ANTROPOMETRÍA PARA TITULADOS EN CIENCIAS DEL DEPORTE. ASPECTOS TEÓRICOS"

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

Curso "ANTROPOMETRÍA PARA SANITARIOS. ASPECTOS TEÓRICOS"

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

Curso "PREVENCIÓN DEL DOPAJE PARA MÉDICOS"

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

Curso "PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO FÍSICO PARA PACIENTES CRÓNICOS"

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

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

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

Curso "FISIOLOGÍA Y VALORACIÓN FUNCIONAL EN EL CICLISMO"

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

Curso "CARDIOLOGÍA DEL DEPORTE"

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

Curso "ELECTROCARDIOGRAFÍA PARA MEDICINA DEL DEPORTE"

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

Curso "AYUDAS ERGOGÉNICAS"

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

Curso "ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN E HIDRATACIÓN EN EL DEPORTE"

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

Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE"

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

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

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

Más información:
www.femede.es

Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

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

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

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

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

Envío de manuscritos

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

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

Después se escribirá el texto del trabajo y la bibliografía.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Las citas bibliográficas se expondrán del modo siguiente:

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

Ética

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

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

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

Hoja de inscripción a SEMED-FEME 2020

Nombre Apellidos DNI

Calle N° C.P.

Población Provincia

Tel. Fax e-mail Titulación

La cuota anual de SEMED-FEME

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

Orden de pago por domiciliación bancaria

Nombre y apellidos DNI

Sr. Director del Banco o Caja

Oficina Sucursal Calle N°

Población Provincia C.P.

Firma titular	
Fecha	

Le ruego cargue anualmente en mi cuenta N°

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Entidad	Oficina	D.C.	N° Cuenta o Libreta

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

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

Hoja de suscripción a Archivos de Medicina del Deporte 2020

- 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 N° Piso C.P.

Población Provincia País

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

Forma de pago

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

Titular DNI

Firma titular	
Fecha	

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Entidad	Oficina	D.C.	N° Cuenta o Libreta

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

Archivos de Medicina del Deporte: Balmes 209, 3º 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