

# Archivos

## de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

183

Volumen 35(1)  
Enero - Febrero 2018



### ORIGINALES

Prevalencia de los hallazgos analíticos adversos en los laboratorios antidopaje europeos: análisis y seguimiento en los Juegos Olímpicos de Atenas y Londres

Time to fatigue on lactate threshold and supplementation with sodium bicarbonate in middle-distance college athletes

Prevalencia y cambios dinámicos de las ondas T vagotónicas durante el ejercicio en una población futbolista de élite

Relationship between left ventricular hypertrophy and somatotype of high performance athletes using structural equations modeling

Evaluación de la resistencia aeróbica a través del tiempo límite medido en campo en ambos sexos

### REVISIONES

Recomendaciones a los Servicios Médicos de federaciones españolas unideportivas, para la inclusión de deportistas con discapacidad (primera parte)

The effect of therapeutic ultrasound on fibroblast cells *in vitro*: the systematic review



**ÚNICO ANALIZADOR  
DEL MERCADO  
QUE PERMITE TRANSMITIR  
DATOS AL PC  
SIN NECESIDAD DE OTROS  
ACCESORIOS O CABLES**

**Lactate  
Scout+**

Nueva versión del analizador de "Lactate Scout+" con **bluetooth incorporado**.

Para supervisiones médicas y diagnóstico en medicina del deporte.

Alternativa **flexible y económica** al análisis de laboratorio.

:: Volumen de muestra necesario: 0,5 microlitros

:: Tiempo de análisis: 10 segundos

:: Peso total: 85 gramos

:: Memoria: 250 resultados con fecha y hora

:: Chip interno que permite la transmisión de datos vía Bluetooth

:: Nueva pantalla LCD con mejor visibilidad

:: Nuevo Menú con fácil acceso

:: Estanqueidad total de la estructura del analizador



Lactate Scout Solo+



Lactate Scout Plus+



Lactate Scout Start+



Maletín de Campo





Sociedad Española de Medicina del Deporte

**Junta de Gobierno**

**Presidente:**

Pedro Manonelles Marqueta

**Vicepresidente:**

Carlos de Teresa Galván

**Secretario General:**

Luis Franco Bonafonte

**Tesorero:**

Javier Pérez Ansón

**Vocales:**

Miguel E. Del Valle Soto

José Fernando Jiménez Díaz

Juan N. García-Nieto Portabella

Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea

José Naranjo Orellana

**Edita**

Sociedad Española de Medicina del Deporte  
Iturrrama, 43 bis.

31007 Pamplona. (España)

Tel. 948 267 706 - Fax: 948 171 431

femede@femede.es

www.femede.es

**Correspondencia:**

Ap. de correos 1207

31080 Pamplona (España)

**Publicidad**

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

**Publicación bimestral**

Un volumen por año

**Depósito Legal**

Pamplona. NA 123. 1984

**ISSN**

0212-8799

**Soporte válido**

Ref. SVR 389

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



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](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

# Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

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

**Director**

Pedro Manonelles Marqueta

**Editor**

Miguel E. Del Valle Soto

**Administración**

M<sup>a</sup> Ángeles Artázcoz Bárcena

**Comité Editorial**

**Norbert Bachl.** Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Ramón Balias Matas.** Consell Catalá de l'Esport. Generalitat de Catalunya. España. **Araceli Boraita.** Servicio de Cardiología. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de deportes. España. **Josep Brugada Terradellas.** Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. España. **Nicolas Christodoulou.** President of the UEMS MJC on Sports Medicine. Chipre. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franchek 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. **Peter Jenoure.** ARS Ortopedica, ARS Medica Clinic, Gravesano. Suiza. **José A. López Calbet.** Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. **Javier López Román.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Lucía Mulas.** Universidad Europea de Madrid. España. **Emilio Luengo Fernández.** 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 Católica San Antonio. Murcia. 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. **Per Renström.** Stockholm Center for Sports Trauma Research, Karolinska Institutet. Suecia. **Juan Ribas Serna.** Universidad de Sevilla. España. **Jordi Segura Noguera.** Laboratorio Antidopaje IMIM. Presidente Asociación Mundial de Científicos Antidopajes (WAADS). España. **Giulio Sergio Roi.** Education & Research Department Isokinetic Medical Group. Italia. **Luis Serratos Fernández.** Servicios Médicos Sanitas Real Madrid CF. Madrid. España. **Nicolás Terrados Cepeda.** Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. España. **José Luis Terreros Blanco.** Subdirector Adjunto del Gabinete del Consejo Superior de Deportes. España. **Juan Ramón Valentí Nin.** Universidad de Navarra. España. **José Antonio Villegas García.** Académico de número de la Real Academia de Medicina de Murcia. España. **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza.



UCAM  
UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE MURCIA



AEPSAD  
AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN  
DE LA SALUD EN EL DEPORTE

## PRECISO

Numerosos estudios demuestran la exactitud del Lactate Plus



## RÁPIDO

Tiempo de medición de 13 segundos

## ECONÓMICO

El coste de las tiras reactivas es más bajo que en otras marcas

## CÓMODO

El analizador Lactate Plus no necesita calibración

# Laktate



[www.laktate.com](http://www.laktate.com)



619 284 022



# Archivos

## de medicina del deporte

Volumen 35(1) - Núm 183. Enero - Febrero 2018 / January - February 2018

## Sumario / Summary

### Editorial

**Factores de rendimiento en carreras por montaña**  
**Performance factors in Trail-running**

Hugo Olmedillas ..... 6

### Originales / Original articles

**Prevalencia de los hallazgos analíticos adversos en los laboratorios antidopaje europeos: análisis y seguimiento en los Juegos Olímpicos de Atenas y Londres**  
**The prevalence of adverse analytical findings in european anti-doping laboratories: monitoring and analysis in the Athens and London Olympic Games**

Marta I. Fernández Calero, Fernando Alacid Cárceles, Pedro Manonelles Marqueta ..... 9

**Time to fatigue on lactate threshold and supplementation with sodium bicarbonate in middle-distance college athletes**  
**Tiempo hasta la fatiga sobre el umbral láctico y suplementación con bicarbonato de sodio en corredores de medio fondo universitarios**

Sergio Andrés Galdames Maliqueo, Álvaro Cristian Huerta Ojeda, Rafael Guisado Barrilao, Pablo Andrés Cáceres Serrano ..... 16

**Prevalencia y cambios dinámicos de las ondas T vagotónicas durante el ejercicio en una población futbolista de élite**  
**Prevalence and dynamic changes of vagotonic T waves during exercise in elite soccer player population**

Aridane Cárdenes León, José Juan García Salvador, Clara A. Quintana Casanova, Alfonso Medina Fernández Aceytuno ..... 23

**Relationship between left ventricular hypertrophy and somatotype of high performance athletes using structural equations modeling**

**Relación entre la hipertrofia ventricular izquierda y el somatotipo en atletas de alto rendimiento utilizando modelamiento de ecuaciones estructurales**

Tomás J. Martínez-Cervantes, Lidia de Jesús Martínez- Martínez, Tomás J. Martínez- Martínez, Rosa M. Gisela Hernández-Suárez, Carlos Enrique Barrón Gámez, José Ángel Garza, Oscar Salas-Fraire ..... 29

**Evaluación de la resistencia aeróbica a través del tiempo límite medido en campo en ambos sexos**  
**Aerobic resistance evaluation through limited time measured in field in both sexes**

Gastón César García, Jeremías David Secchi, Carlos Rodolfo Arcuri, Mauro Darío Santander ..... 35

### Revisiones / Reviews

**Recomendaciones a los Servicios Médicos de federaciones españolas unideportivas, para la inclusión de deportistas con discapacidad (primera parte)**  
**Recommendations to the Medical Services in Spanish federations by sport, for the inclusion of athletes with disabilities (first part)**

Josep Oriol Martínez-Ferrer, Myriam Guerra Balic, Jordi Segura Bernal ..... 42

**The effect of therapeutic ultrasound on fibroblast cells in vitro: the systematic review**  
**Efecto del ultrasonido terapéutico en células fibroblásticas in vitro: revisión sistemática**

Priscila Daniele de Oliveira, Deise Aparecida de Almeida Pires-Oliveira, Larissa Dragonetti Bertin, Stheace Kelly Fernandes Szezerbaty, Rodrigo Franco de Oliveira ..... 50

Libros / Books ..... 56

Agenda / Agenda ..... 57

Normas de publicación / Guidelines for authors ..... 61

# Factores de rendimiento en carreras por montaña

## Performance factors in Trail-running

Hugo Olmedillas

Departamento de Biología Funcional. Área de Fisiología. Universidad de Oviedo. Asturias.

Las carreras por montaña (TR) se han popularizado de una manera considerable en los últimos años, por lo que el interés tanto de los propios participantes como de los profesionales encargados de la salud y el rendimiento ha ido en aumento. El campo de la investigación no ha permanecido ausente y un número cada vez más elevado de investigaciones ha intentado dar respuesta, principalmente, a los principales interrogantes planteados desde la biomecánica y la fisiología. Según la Federación Española de Deporte de Montaña y Escalada (FEDME), el principal estamento encargado de la regulación de esta disciplina, las carreras por montaña son una modalidad deportiva que puede desarrollarse en Alta, Media y baja Montaña, con una distancia mínima de 21 kilómetros, excepto en el caso del Kilómetro Vertical, y con un desnivel mínimo acumulado en subida de 1.000 metros. El recorrido será siempre por pistas y caminos no asfaltados, no superando el 50% de pista transitable para vehículos. La principal diferencia entre estas carreras y las más clásicas carreras de asfalto, son la acumulación de secciones de subida y bajada que van dibujando un perfil específico para cada competición único. Aún más importante, desde una perspectiva fisiológica, es el incremento exponencial de participantes que, en el último lustro, se ha interesado por las competiciones de ultra-trail (>80 km).

Es, por tanto, muy probable que estos esfuerzos máximos induzcan situaciones de fatiga extrema. El corredor debe de superar importantes desniveles acumulados, lo que repercute directamente en un esfuerzo continuado, de intensas acciones concéntricas y excéntricas en los músculos de los miembros inferiores, generado por las subidas y bajadas respectivamente. Por el contrario, las carreras de asfalto llanas se caracterizan por acciones repetidas de ciclos estiramiento-acortamiento de los músculos extensores de los miembros inferiores. Esta sutil diferencia, da como resultado gestos biomecánicos en el patrón de carrera de los atletas diferentes a los observados en corredores de asfalto. Las investigaciones, que han centrado su estudio en el análisis de la fatiga proponen una reducción cercana al 40% de la fuerza muscular y una

amplitud de la fatiga similar tanto en los extensores de la rodilla como en los flexores plantares, si bien el origen periférico o central de la fatiga en estos grupos musculares aún está por resolver. De forma sorprendente, no existe una relación lineal entre la pérdida de fuerza en los extensores de la rodilla y flexores plantares (principales músculos involucrados en la carrera) y el tiempo de duración en competiciones ultra. La literatura científica ha revelado una reducción en la pérdida de fuerza en pruebas superiores a 166 km. Millet *et al.* sugiere que este hecho puede deberse a una estrategia conservadora de la velocidad por parte del corredor, en pruebas de tan larga duración, si bien esta característica se ha descrito tanto en pruebas por montaña como en competiciones de asfalto llanas. Las alteraciones de la carrera que se producen tras una prueba de ultra tanto de TR como asfalto, son similares, lo que sugiere que más que las características biomecánicas inherentes de ambas disciplinas, la duración de la competición es el factor desencadenante de la modificación de la cinemática de la carrera, posiblemente para reducir el componente de carga excéntrica característico de la acción de la carrera y, de esta forma, pueda explicarse el comportamiento no lineal de la pérdida de fuerza.

A pesar de la diferencia cinemática entre ambas disciplinas, es cierto que las competiciones cortas de TR <42 km son finalizadas por los corredores más rápidos en tiempos inferiores a las 4 horas, estableciéndose una cierta similitud con las pruebas de asfalto de ½ maratón y maratón. En base a este factor de distancia-tiempo en finalizar una prueba, se propuso que los principales determinantes para el rendimiento en estas pruebas de resistencia, se pudieran explicar siguiendo el modelo tradicional propuesto por di Prampero *et al.*, el cual se basa principalmente en factores fisiológicos, que incluyen el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ), la fracción de  $VO_{2max}$  ( $\% VO_{2max}$ ) y la economía de carrera (EC).

Numerosas investigaciones han encontrado que la mayor velocidad que puede ser sostenida durante una prueba está directamente relacionada con un mayor  $\% VO_{2max}$  y es inversamente proporcional a la EC.

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



De hecho, las diferencias observadas en la EC, pueden explicar en gran parte las diferencias observadas en el rendimiento en corredores con un  $\text{VO}_{2\text{max}}$  similar. Además, una mejora en la EC, se ha relacionado con una reducción en los tiempos de maratón en corredores de élite. Si bien es cierto, que los corredores de élite de TR poseen consumos de oxígeno elevados, similares a los observados en corredores de fondo, debemos prestar atención al detalle de que cuando un grupo de corredores de trail bien entrenados, realiza tests incrementales sobre tapices con 0, 12,5 y 25% de inclinación, no se han observado correlaciones entre los valores de EC presentados en carrera con inclinación y la carrera sobre terreno llano. Por lo tanto, una primera aproximación al estudio de estos deportistas, debe considerar la utilización de métodos de valoración que incluyan protocolos de test inclinados. Por otra parte, el gasto de energía de los corredores varía dependiendo de la inclinación a la que se realice el test. Así, corredores con una baja EC cuando el test se realizó plano, obtenían elevados valores de EC cuando el test se realizó a inclinaciones mayores, y viceversa. El hecho de que algunos corredores incrementaban su EC en menor medida que otros al aumentar la inclinación del tapiz, no puede ser explicado en esta ocasión, por uno de los principales parámetros que explican una menor EC entre corredores con valores antropométrica y fisiológicamente similares como es la capacidad de almacenar energía elástica, dado que con una inclinación del 25%, el trabajo muscular mecánico principalmente es positivo. Recientemente, Ehrstrom *et al.*, a través de un análisis de regresión identificó que el modelo clásico de rendimiento en pruebas de resistencia no explica el éxito en pruebas de <30 km en un grupo de corredores de TR. Los autores encontraron que los factores fisiológicos clásicos, explicaron alrededor del 50% de la variabilidad del rendimiento, siendo la resistencia a la fuerza de los miembros inferiores (50%), el  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (20%) y la EC evaluada en un test al 10% de inclinación (4,5%), los principales predictores del rendimiento,

Estas variables explicaron el 98% de los tiempos obtenidos en una competición de 27 km y 1.400 metros positivos.

Podemos concluir, que si bien es cierto que factores fisiológicos clásicos (cardiovasculares) son primordiales para diferenciar los diferentes estratos de corredores dentro del pelotón, la incorporación de investigaciones que evalúen en profundidad la variable fuerza, tanto la fuerza máxima como la variación de esta a lo largo de una competición de carrera por montaña podría ayudar a explicar las características propias de esta disciplina. Más aun, sería interesante comprobar, cómo podría afectar a competiciones de mayor dureza, tanto por el desnivel acumulado como por la distancia a recorrer o a los diferentes niveles desde el corredor élite a corredores con aspiraciones *finishers*. Sin lugar a dudas, el campo de estudio que esta disciplina novel ofrece a los profesionales del rendimiento y la salud del ejercicio es un aspecto demandado por la sociedad presente y futura.

## Bibliografía recomendada

- Balducci P, Clémençon M, Morel B, Quiniou G, Saboul D, Hautier CA. Comparison of level and graded treadmill tests to evaluate endurance mountain runners. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2016;15(2):239.
- Di Prampero PE, Atchou G, Brückner JC, Moia C. The energetics of endurance running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1986;55(3):259-66.
- Ehrström S, Tartaruga MP, Easthope CS, Brisswalter J, Morin JB, Vercruyssen F. Short Trail Running Race: Beyond the Classic Model for Endurance Running Performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2017.
- Giandolini M, Vernillo G, Samozino P, Horvais N, Edwards WB, Morin JB, Millet GY. Fatigue associated with prolonged graded running. *European journal of applied physiology*. 2016;116(10):1859-73.
- Millet GY, Hoffman MD, Morin JB. Sacrificing economy to improve running performance—a reality in the ultramarathon?. *Journal of applied physiology*. 2012;113(3):507-9.
- Thompson MA. Physiological and biomechanical mechanisms of distance specific human running performance. *Integrative and comparative biology*. 2017;57(2):293-300.

# 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.



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

## Índice

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

## Índice

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



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



# Prevalencia de los hallazgos analíticos adversos en los laboratorios antidopaje europeos: análisis y seguimiento en los Juegos Olímpicos de Atenas y Londres

Marta I. Fernández Calero, Fernando Alacid Cárceles, Pedro Manonelles Marqueta

Universidad Católica San Antonio de Murcia.

**Recibido:** 28.06.2017

**Aceptado:** 28.06.2017

## Resumen

**Introducción:** A partir del año 2003, la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) comienza a emitir anualmente informes de carácter público donde se informa de todos los análisis realizados y los hallazgos analíticos adversos (HAA) encontrados en los diferentes laboratorios.

**Objetivos:** Identificar los laboratorios europeos y las sustancias prohibidas mayormente reportadas, además de relacionar los HAA en los laboratorios europeos con tres periodos de tiempo diferentes (preolimpiadas, olimpiadas y postolimpiadas).

**Métodos:** Estudio de tipo cohortes, siguiendo las recomendaciones de la declaración STROBE de los informes reportados por la AMA entre los años 2003-2015. Los datos estudiados pertenecen a 16 laboratorios europeos y 11 grupos de sustancias consideradas dopantes. Inclusión: sustancias detectables a través de la orina. Exclusión: tantos los laboratorios que entre 2003-2015 fueran suspendidos temporal o definitivamente por la AMA en Europa, como los de aparición posterior a 2004. Se transformaron las variables de años en preolímpicos, olímpicos y postolímpicos de los Juegos Olímpicos de Atenas (2004) y Londres (2012), por realizarse ambas competiciones en Europa.

**Resultados:** La sustancia más detectada por los laboratorios europeos en los últimos 12 años reportados han sido los anabolizantes (52,42%), siendo el laboratorio de Moscú (Rusia) el que mayor detección en dicha sustancia presenta (3 de cada 4 HAA). Se relaciona el aumento de la detección del cannabis en los laboratorios europeos con periodos postolímpicos ( $p=0,0001$ ).

**Conclusiones:** El laboratorio europeo que proporcionalmente detecta mayor número de HAA es Ghent (Bélgica). Los anabolizantes son la sustancia mayormente detectada en todos los laboratorios. Existe una relación entre la detección de HAA de cannabis en periodos postolímpicos y de anabolizantes en periodos preolímpicos y olímpicos.

## Palabras clave:

Dopaje. Control antidopaje. Epidemiología. Estadística médica.

## The prevalence of adverse analytical findings in european anti-doping laboratories: monitoring and analysis in the Athens and London Olympic Games

### Summary

**Introduction:** Since 2003, the World Anti-Doping Agency (WADA) begins to provide annual public reports which informs about all the analysis performed and the adverse analytical findings (AAF) determined in the different accredited laboratories.

**Objectives:** To identify the European laboratories and the most used substances for doping purposes, in addition to relate the adverse analytical findings (AAF) in European laboratories over three different periods of time (pre-Olympics, Olympics and post-Olympics).

**Methods:** Cohort study, following the recommendations of the STROBE declaration of the reports collected by the WADA between 2003-2015. The data belong to 16 European laboratories accredited by the WADA distributed in 11 groups of substances considered as doping substances. Inclusion criteria: detectable substances through the urine. Exclusion criteria: laboratories that between 2003-2015 were temporarily or definitively suspended by the WADA or appearance after 2004. The variables of years were transformed into pre-Olympics, Olympics and post-Olympics of the Olympic Games of Athens (2004) and London (2012), because both competitions were carried out in Europe.

**Results:** In the last 12 years reported, the most detected substance by European laboratories has been anabolic substances (52.42%), being the laboratory of Moscow (Russia) which presents the highest detection rate of this substance (3 out of 4 AAF). It is related the increase in the detection of cannabis in the European laboratories with post-Olympics periods ( $p=0,0001$ ).

**Conclusions:** The laboratory with the highest proportion of AAF reports is Ghent (Belgium). Anabolic steroids are the most commonly detected substance in all the laboratories. There is a relationship between the detection of adverse analytical findings of cannabis in post-Olympics periods and the detection of anabolic steroids in pre-Olympics and Olympics periods.

## Key words:

Doping. Anti-doping control. Epidemiology. Medical statistics.

**Correspondencia:** Marta I. Fernández Calero  
E-mail: miferandez2@ucam.edu

## Introducción

Cada año aparecen métodos más sofisticados de detección y lucha contra el dopaje que, junto a la mejora en la educación y la investigación, promocionan la política antidopaje y sus efectos perjudiciales sobre la salud humana, la integridad y los valores fundamentales de la participación en el deporte<sup>1,2</sup>. Por este motivo, la WADA elabora un listado con las sustancias dopantes, que todos los años se modifica y vuelve a editar debido a la constante investigación de sustancias, métodos y avances tecnológicos que puedan alterar la salud del deportista<sup>3</sup>.

En 1999 se creó la Agencia Mundial Anti-dopaje (AMA) o más conocida por sus siglas en inglés: WADA (*World Anti-Doping Agency*). La WADA nace como fundación privada sometida al derecho suizo. Su principal objetivo es promover y coordinar la lucha contra el dopaje en el deporte en la esfera internacional. Es a partir de este año que se regulan los controles antidopaje, pero no es hasta 2005 cuando se crea un protocolo de la normativa y se aprueba la obligatoriedad del Código Mundial Antidopaje<sup>4</sup>.

A partir del año 2003, la WADA comienza a emitir anualmente unos informes de carácter público donde se informa de todos los análisis realizados en todos los laboratorios acreditados por dicho organismo. Estos informes se obtienen a través del programa informático ADAMS (*Anti-Doping Administration & Management System*), que se creó con la finalidad de coordinar las actividades de control de dopaje y gestionar la localización de los deportistas, tanto en competiciones como fuera de ellas<sup>5,6</sup>.

Debido a la gran implicación social y económica que el deporte está tomando en nuestra sociedad, para los deportistas, clubes y entrenadores cada vez trasciende más el triunfo con la finalidad de renovar contratos y continuar en la élite del deporte, muchas veces incluso llegando a pasar por encima de las normas establecidas<sup>7,8</sup>. La exigencia física y mental que necesita el deporte de alto nivel, hace que algunos deportistas opten por la ingesta de sustancias ilícitas para mejorar su rendimiento físico. Los Juegos Olímpicos (J.O.O.), al representar la competición internacional más importante para el deporte en general, se convierte en un escenario único para la investigación de las posibles actividades ilícitas en el abuso de sustancias en el deporte profesional.

Hasta el momento no se ha investigado la relación de los HAA con competiciones de alto nivel como los J.O.O., ya que la investigación dirigida a este tipo de eventos se basa fundamentalmente en el impacto económico y repercusiones en los diferentes países donde se celebran dichas competiciones<sup>9-10</sup> o aspectos sociosanitarios como la propagación del virus Zika en los J.O.O. de Rio 2016<sup>11</sup> o los factores de riesgo para la salud en eventos deportivos multitudinarios<sup>12</sup>. Para desarrollar nuevas herramientas de detección de sustancias ilícitas, es importante saber qué grupo de sustancias son las más utilizadas con fines dopantes investigando nuevos métodos de lucha y detección de sustancias y métodos ilícitos. Para ello es imprescindible conocer la prevalencia del abuso de sustancias ilegales en el deporte al igual que su distribución geográfica. El identificar qué grupo de sustancias son las más utilizadas por los deportistas, nos permitirá conocer las actitudes dopantes más frecuentes de los que pretenden engañar y nos proporcionará una herramienta útil para su prevención. Por otro lado, conocer la distribución

de las diferentes sustancias según los años puede ser interesante, ya que sabemos que los años previos a las olimpiadas, incluso el mismo año, se celebran campeonatos clasificatorios para participar en los J.O.O. Para el buen rendimiento del deportista, es imprescindible una buena planificación del entrenamiento en función de los objetivos y campeonatos en los que pretenda participar el atleta<sup>13</sup>. De esta manera, y sabiendo que los controles antidopaje son más numerosos en este tipo de competiciones, podremos averiguar si existe una relación entre los diferentes años y los HAA en Europa.

Por lo tanto, los objetivos del estudio son describir las sustancias prohibidas por la WADA más detectadas, identificar los laboratorios europeos acreditados que detectan mayor número de HAA y conocer la proporción de HAA respecto a los controles antidopaje europeos en el periodo de 2003 a 2015, además de relacionar y definir la detección de HAA con los años preolímpicos, olímpicos y postolímpicos en los laboratorios antidopaje europeos.

## Material y método

### Diseño de estudio

Se realizó un estudio observacional, analítico, longitudinal y retrospectivo de tipo cohortes, siguiendo las recomendaciones de la declaración STROBE<sup>14</sup> de los informes reportados por la WADA entre los años 2003-2015<sup>15-27</sup>.

### Extracción de datos

Los datos estudiados pertenecen a 16 laboratorios europeos acreditados por la WADA en 11 grupos de sustancias consideradas dopantes.

### Proceso

En los informes reportados por la WADA se detectaron y codificaron todas las variables de interés y se trasladaron a una base de datos Excel 2010 de Microsoft® para el registro inicial de datos.

Se han incluido en el estudio las sustancias que pueden detectarse exclusivamente a través de la orina.

Se han excluido del estudio tantos los laboratorios que entre 2003-2015 fueran suspendidos temporal o definitivamente por la WADA en Europa, como los de aparición posterior a 2004, por no aportar la suficiente información y con el objetivo de homogeneizar la muestra.

### Análisis estadístico

Todos los análisis se llevaron a cabo con el programa IBM SPSS Statistics 21.

Para el estudio de los estadísticos descriptivos, se utilizaron los 16 laboratorios europeos acreditados y los años comprendidos entre 2003-2015.

Las variables cualitativas se expresan en forma de recuentos y frecuencias. Los resúmenes gráficos se expresan mediante diagramas de barras y sectores.

Para estudiar la diferencia entre los periodos preolímpicos, olímpicos y postolímpicos, se transformaron las variables de años en

preolímpicos, olímpicos y postolímpicos de los JJ.OO. de Atenas (2004) y Londres (2012), por realizarse ambas competiciones en Europa, excluyendo así los años correspondientes a los JJ.OO. de Pekín (2008). Se excluyeron también los datos correspondientes a los años 2006 y 2010 con el objetivo de que la variable recodificada en año postolímpico correspondiera a un año natural al igual que los años preolímpicos y olímpicos. Se relativizaron los datos de los HAA en función de los análisis totales de cada año para obtener una variable homogénea y poder realizar las pruebas no paramétricas.

Tras la realización de las pruebas de normalidad, se determinó que la agrupación de los datos no era homogénea, por lo que se optó por realizar pruebas no paramétricas entre 2 muestras independientes (Wilcoxon), siendo el IC de 95% ( $p = 0,05$ ). También se calculó el tamaño del efecto para la diferencia entre los periodos de tiempo preolímpicos, olímpicos y postolímpicos.

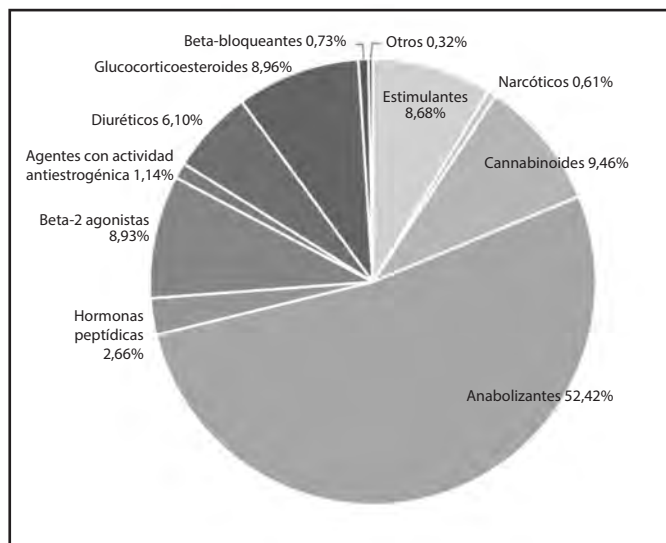
## Resultados

Los anabolizantes son la sustancia mayormente detectada por los laboratorios europeos, seguido por el cannabis, los glucoesteroides y los betaagonistas (Figura 1).

Los laboratorios europeos que proporcionalmente detectan mayor número de HAA son Ghent (Bélgica) (5,09%), Paris (Francia) (4,91%) y Madrid (España) (3,50%) (Tabla 1).

La proporción de HAA con respecto a los controles antidopaje realizados en el periodo de 2003 a 2015 en cada laboratorio, apenas supera el 5% del total de muestras analizadas (Figura 2).

**Figura 1. Representación porcentual de los HAA en los laboratorios europeos de 2003 a 2015.**



## Detección de sustancias dopantes en los años preolímpicos, olímpicos y postolímpicos

Se clasificaron los informes reportados por la WADA en periodos de tiempo, catalogando los años en función de su proximidad a los JJ.OO.: 2003 y 2011 años preolímpicos; 2004 y 2012 años olímpicos; 2005 y 2013 en años postolímpicos.

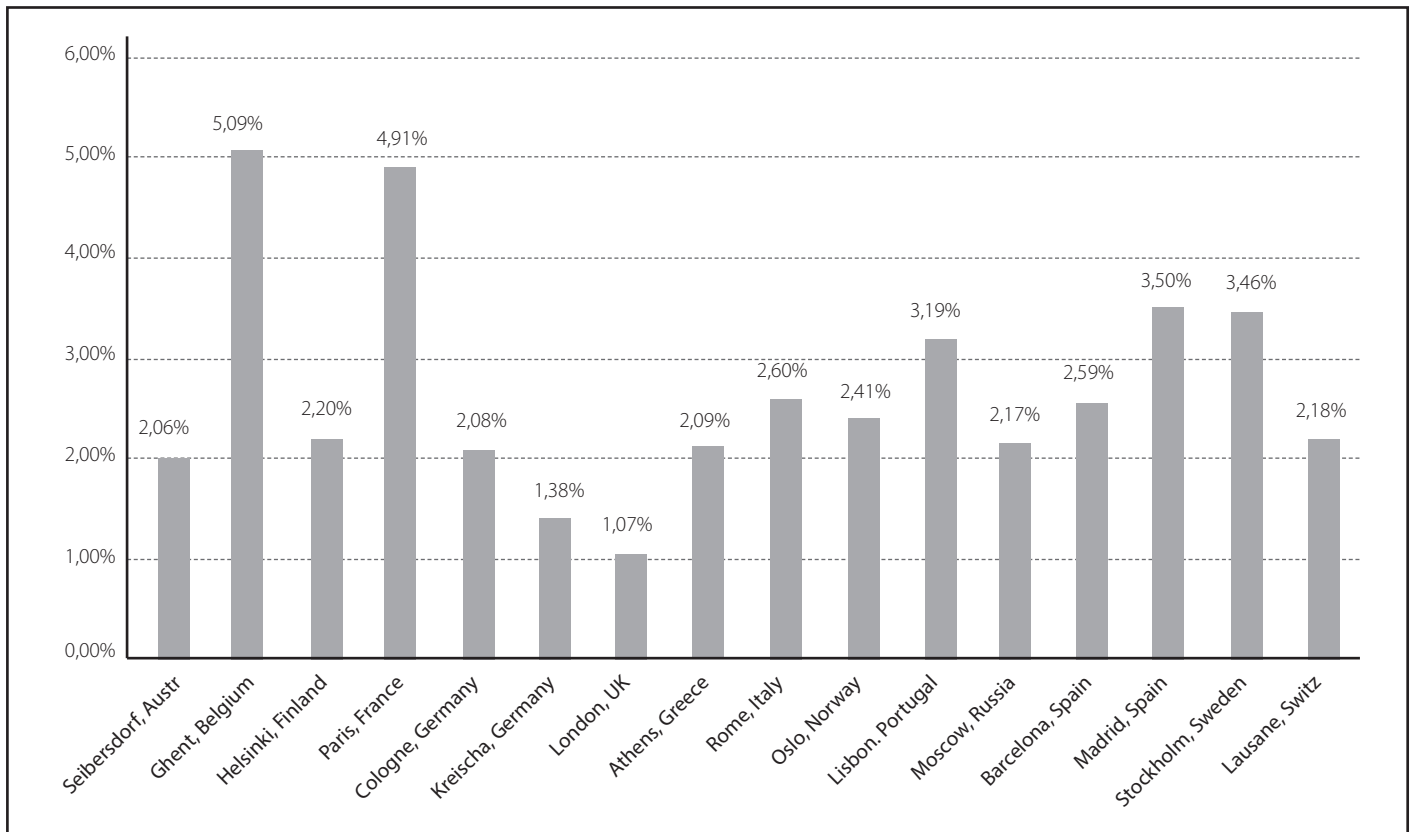
**Tabla 1. HAA por sustancias reportadas en los laboratorios europeos desde 2003-2015.**

Laboratorio	Sustancias											Total HAA
	Stim	Narc	Cann	Anab	Horm	Beta2	Antio	Mask	Gluco	Beta B	Otros	
Seibersdorf, Austria	102	1	128	922	34	91	24	135	58	10	0	1505
Ghent, Belgica	498	37	544	1932	65	312	58	195	240	23	0	3904
Helsinki, Finlandia	21	1	32	533	9	101	10	51	23	7	0	788
Paris, Francia	398	65	1030	1947	211	563	34	305	1181	49	10	5793
Cologne, Alemania	372	26	194	2490	87	171	52	242	202	35	6	3877
Kreischa, Alemania	88	10	86	748	17	180	22	96	88	16	4	1355
London, Reino Unido	251	9	102	437	39	51	20	53	17	7	1	987
Athens, Grecia	160	1	105	680	21	42	12	96	75	3	0	1195
Rome, Italia	273	20	295	1514	164	352	15	206	263	26	36	3164
Oslo, Noruega	105	6	77	830	17	145	10	60	100	5	31	1386
Lisbon, Portugal	114	3	216	649	30	62	8	98	133	38	6	1357
Moscow, Rusia	259	8	114	2379	34	30	52	299	71	14	0	3260
Barcelona, España	68	4	83	603	47	189	31	115	73	6	3	1222
Madrid, España	219	19	258	1413	78	464	12	166	332	14	11	2972
Stockholm, Suecia	82	1	42	1024	8	379	23	37	287	2	0	1885
Lausanne, Suiza	134	9	118	876	102	101	29	55	100	8	7	1539
<b>Total</b>	<b>3144</b>	<b>220</b>	<b>3424</b>	<b>18977</b>	<b>963</b>	<b>3233</b>	<b>412</b>	<b>2209</b>	<b>3243</b>	<b>263</b>	<b>115</b>	<b>36189</b>

Stim: Estimulantes; Narc: Narcóticos; Cann: Cannabinoides; Anab: Anabolizantes; Horm: Hormonas peptídicas; Beta2: Beta-2 agonistas; Antio: Agentes con actividad antiestrogénica; Mask: agentes Enmascarantes/ diuréticos; Gluco: Glucocorticoesteroides; BetaB: Beta-bloqueantes; Otros: otros; Total HAA: total de hallazgos analíticos adversos.



Figura 2. Representación porcentual del total de HAA reportados por los 16 laboratorios europeos en el periodo de 2003 a 2015.



El análisis de los datos muestra la relación entre la detección de sustancias ilícitas en los diferentes periodos de tiempo, siendo especialmente relevantes la presencia de cannabis en el periodo postolímpico ( $Z=4,397$ ;  $p=0,0001$ ;  $TE=0,63$ ) y de los anabolizantes en el periodo olímpico estudiado ( $Z=3,269$ ;  $p=0,001$ ;  $TE=0,47$ ) (Tabla 2).

Sin embargo, la prueba Wilcoxon para muestras relacionadas no mostró diferencias en ningún periodo analizado para las sustancias betagonistas (pre-oli:  $Z=-0,507$ ;  $p=0,612$ . Oli-post:  $Z=1,7$ ;  $p=0,089$ . Post-pre:  $Z=1,368$ ;  $p=0,171$ ), antiestrogénicos ( $Z=1$ ;  $p=0,317$ . Oli-post:  $Z=1$ ;  $p=0,317$ . Post-pre:  $Z=0,378$ ;  $p=0,705$ ), así como diuréticos y enmascarantes ( $Z=1,375$ ;  $p=0,169$ . Oli-post:  $Z=1,663$ ;  $p=0,096$ . Post-pre:  $Z=0,204$ ;  $p=0,839$ ).

## Discusión

Los últimos escándalos del denominado "dopaje de Estado" por el informe McLaren en Rusia<sup>28</sup> se basa en las declaraciones de Grigory Rodchenkov, ex director del laboratorio antidopaje de los juegos de invierno de Sochi 2014, donde supuestamente Rusia, preocupada por sus malos resultados en los juegos de invierno de Vancouver 2010, decide iniciar un proceso para ocultar las muestras de orina con restos de sustancias ilícitas y presuntamente proporciona sustancias y métodos dopantes a los deportistas con mayor posibilidad de ganar competi-

ciones. El escándalo que afectó directamente a la participación de los deportistas rusos en los Juegos Olímpicos y Paraolímpicos de Río 2016, abre el debate sobre el procedimiento y rigurosidad de los controles antidopaje. Según los datos obtenidos en este estudio, el laboratorio de Moscú, es el segundo laboratorio europeo con mayor número de controles antidopaje en los últimos 12 años, pero su detección de HAA es muy escaso (2,17% de casi 150.000 controles antidopaje). A pesar de ello, es el laboratorio que más anabolizantes encuentra entre sus HAA. Cabe destacar que los datos reportados en este estudio, pertenecen exclusivamente a las muestras analizadas por los diferentes laboratorios. Los laboratorios acreditados por la WADA realizan controles antidopaje de los deportistas de su país y también analizan muestras de competiciones nacionales e internacionales, por lo que la muestra de cada laboratorio no tiene por qué ser exclusivamente muestras de deportistas nacionalizados en el laboratorio donde se realiza el control antidopaje. Esta es una de las razones por las que se pretende estudiar la comparación de la presencia de la sustancia en los diferentes periodos olímpicos y así descartar los laboratorios como tal. En un primer momento se podría pensar que, en los años anteriores y el mismo año de las olimpiadas, podría producirse un aumento de la detección de sustancias ilícitas, ya que en ese periodo se produce la mayoría de las clasificaciones para los JJ.OO., en cambio, tras el análisis de los resultados, se puede observar que se aprecian diferencias significativas entre los tres periodos dependiendo de las sustancias estudiadas.

Tabla 2. Comparación entre periodos competitivos de hallazgos analíticos adversos.

	Olímpicos <sup>b</sup> - Preolímpico <sup>c</sup>			Postolímpicos <sup>b</sup> - Olímpico <sup>c</sup>			Postolímpicos <sup>b</sup> - Preolímpico <sup>c</sup>		
	TE	Z	p	TE	Z	p	TE	Z	p
Estimulantes	0,35	-2,41 <sup>b</sup>	<b>0,016</b>	0,34	-2,355 <sup>b</sup>	<b>0,019</b>	0,46	-3,189 <sup>b</sup>	<b>0,001</b>
Narcóticos	0,20	-1,414 <sup>b</sup>	0,157	0,29	-2 <sup>c</sup>	<b>0,046</b>	0,14	-1 <sup>c</sup>	0,317
Cannabinoides	0,13	-0,931 <sup>b</sup>	0,352	0,42	-2,876 <sup>c</sup>	<b>0,004</b>	0,63	-4,397 <sup>c</sup>	<b>0,0001</b>
Anabolizantes	0,04	-0,28 <sup>b</sup>	0,779	0,47	-3,269 <sup>c</sup>	<b>0,001</b>	0,30	-2,045 <sup>c</sup>	<b>0,041</b>
Hormonas	0,17	-1,207 <sup>b</sup>	0,227	0,39	-2,674 <sup>b</sup>	<b>0,007</b>	0,41	-2,838 <sup>b</sup>	<b>0,005</b>
Beta2-agonistas	0,07	-0,507 <sup>b</sup>	0,612	0,25	-1,7 <sup>b</sup>	0,089	0,20	-1,368 <sup>b</sup>	0,171
Antiestrogénicos	0,14	-1 <sup>b</sup>	0,317	0,14	-1 <sup>c</sup>	0,317	0,05	-0,378 <sup>c</sup>	0,705
Enmascarantes	0,20	-1,375 <sup>b</sup>	0,169	0,24	-1,663 <sup>c</sup>	0,096	0,03	-0,204 <sup>c</sup>	0,839
Glucoesteroides	0,36	-2,474 <sup>b</sup>	<b>0,013</b>	0,06	-0,411 <sup>c</sup>	0,681	0,37	-2,554 <sup>b</sup>	<b>0,011</b>
Beta-bloqueantes	0,20	-1,414 <sup>b</sup>	0,157	0,29	-2 <sup>c</sup>	<b>0,046</b>	0,12	-0,816 <sup>c</sup>	0,414
Otros	0,29	-2,041 <sup>b</sup>	<b>0,041</b>	0,00	0	1 <sup>c</sup>	0,29	-1,983 <sup>b</sup>	<b>0,047</b>

TE: tamaño del efecto basado en r (r < 0,029 = pequeño; r = 0,03 = medio; r > 0,031 = grande). Z: diferencia entre las medias. p: valor de p.

<sup>b</sup>basado en los rangos positivos. <sup>c</sup>basado en los rangos negativos.

## Anabolizantes

Se ha relacionado este tipo de sustancias con deportes de especialidades de fuerza como la halterofilia y lanzamientos y su alta detección en laboratorios de la zona central y este de Europa<sup>29</sup> ya que el principal efecto de los anabolizantes es aumentar la masa y fuerza muscular. La literatura existente suele relacionar la utilización de los anabolizantes en combinación con otras sustancias ilícitas como los diuréticos o los betaagonistas ya que potencian el efecto anabolizante o pretenden enmascarar su posible detección en un control antidopaje<sup>30</sup>. Los datos extraídos de este estudio, muestran que hay una mayor detección de anabolizantes en los periodos olímpicos y preolímpicos, pero no se haya relación en los mismos periodos con los betaagonistas y diuréticos.

## Estimulantes

Los estimulantes más utilizados son la efedrina y la cocaína. Su presencia aumenta significativamente en los periodos postolímpicos estudiados (2005 y 2013), aunque este hecho puede deberse a la utilización de los estimulantes como hábito social más que como sustancia para aumentar el rendimiento deportivo<sup>31</sup>. Según los informes oficiales del observatorio español de las drogas y las toxicomanías de 2015, en 2013 el 2,2% de la población española manifestó haber consumido cocaína al menos una vez en los últimos 12 meses<sup>32</sup>. La cocaína en orina puede permanecer de unos 3 a 5 días, pero sus metabolitos pueden detectarse mucho tiempo después. Según un estudio realizado en el laboratorio antidopaje de Roma, los HAA de deportistas que encontraron eran metabolitos con cantidades mínimas de dicha sustancia y lo relaciona más con hábitos sociales que con el dopaje en sí en el deporte<sup>34</sup>.

## Narcóticos

Los narcóticos son utilizados en el deporte para acortar el tiempo de recuperación y/o para enmascarar síntomas de una lesión durante

la competición<sup>34</sup>. En el presente estudio, se puede observar que los laboratorios europeos detectan en los años que se celebran las olimpiadas, mayor presencia de narcóticos comparados con otros periodos de tiempo. Este fenómeno puede deberse a la actividad deportiva para las clasificaciones de diferentes deportes para los JJ.OO.

## Cannabinoides

El efecto que produce el cannabis y sus derivados en el organismo se suele utilizar para reducir la ansiedad y como relajante antes de las competiciones deportivas. Por otro lado, hay cierta controversia en su utilización como sustancia dopante ya que efectos fisiológicos como el aumento de la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la reducción de la actividad psicomotora son efectos contraproducentes en el rendimiento deportivo<sup>35,36</sup>. En los resultados extraídos de este estudio, podemos observar la fuerte relación que hay en los años preolímpicos en comparación con los años postolímpicos, siendo en los años previos su mayor detección en los laboratorios europeos. En España, el cannabis es la droga ilegal más consumida, especialmente entre los jóvenes de 15-34 años<sup>37</sup>, edad en la que la mayoría de los atletas desarrollan su vida deportiva.

## Hormonas peptídicas

Este tipo de sustancias ilícitas compone un grupo muy heterogéneo de sustancias, siendo la más común la eritropoyetina. En los últimos años se han producido varios escándalos internacionales que han relacionado este tipo de droga con deportes como el ciclismo, como la famosa "Operación Puerto" en 2006, que desarticuló una red de dopaje en España<sup>38</sup>. En el presente estudio se puede observar una mayor prevalencia en la detección de hormonas en los años postolímpicos que en los demás periodos. Al no disponer de los datos de los HAA en cada deporte, no es posible relacionar el abuso de ciertas sustancias ilícitas con deportes en concreto<sup>33</sup>.

## Glucocorticoides y otras sustancias

Los glucocorticoides tienen efecto sobre el sistema nervioso central, disminuyendo el dolor y aumentando el estado de euforia, provocando así una mejora del rendimiento deportivo. Los resultados de este estudio muestran que los glucocorticoides fueron mayormente detectados en los años olímpicos y postolímpicos. Durante los JJ.OO. de Atenas 2004, se detectaron 79 HAA en glucocorticoides, que fueron estudiados por el COI ya que reclamaron ser autorización de uso terapéutico (AUT)<sup>39</sup>. Ya que los informes oficiales reportados por la WADA solo informan sobre los HAA, no se puede saber si finalmente esos HAA fueron considerados AUT o no.

## Betabloqueantes

Los betabloqueantes son sustancias utilizadas que provocan en el organismo una disminución de la frecuencia cardiaca. Es una sustancia prohibida por la WADA solo en algunos deportes, especialmente en aquellos que se requiere precisión o puntería, como el tiro con arco o conducción, como deportes automovilísticos. Este tipo de sustancias se ha podido observar que se produce un aumento en su detección en los años olímpicos en relación con los periodos preolímpicos y postolímpicos.

## Limitaciones del estudio

Cabe destacar que los datos reportados en este estudio pertenecen exclusivamente a las muestras analizadas por los diferentes laboratorios. Como limitaciones del estudio, podemos observar:

- Los laboratorios acreditados por la WADA realizan controles antidopaje de los deportistas de su país y también analizan muestras de competiciones nacionales e internacionales, por lo que las muestras de cada laboratorio no tienen por qué ser exclusivamente muestras de deportistas nacionalizados en el laboratorio donde se realiza el control antidopaje.
- Podemos identificar que los datos existentes pertenecen a informes oficiales, pero al ser sustancias y métodos ilegales, existe un mercado negro detrás de todas estas actuaciones. Hay trabajos que pretenden explorar este mercado como las investigaciones realizadas en los laboratorios antidopaje alemanes, que intentan relacionar los HAA con el mercado ilegal de drogas, estudiando las sustancias dopantes encontradas en los controles de aduanas<sup>40,41</sup>.
- Existe una heterogeneidad entre los primeros informes reportados (2003-2005) a los últimos (2012-2015), ya que éstos presentan mayor número de datos.
- La sensibilidad de los instrumentos puede ser diferente entre laboratorios, ya que, al ser maquinaria tan específica, la sensibilidad en la detección de diferentes sustancias puede ser distinta.
- Además, se han estudiado los datos correspondientes a los HAA reportados por los laboratorios, pero muchos de ellos pueden pertenecer a AUT, por lo que en un principio aparecerían como sustancias prohibidas, aunque en realidad se correspondan con tratamientos farmacológicos autorizados para dichos deportistas. Esto se traduciría en un menor número de deportistas que realmente se han dopado<sup>42</sup>.

Por otro lado, a pesar del gran número de controles antidopaje realizados en el periodo de 2003 a 2015, la proporción de HAA por

laboratorio, apenas supera el 5% del total de las muestras analizadas. Sin embargo, por muy bajas que sean las cifras de HAA, las instituciones deportivas deben defender el deporte limpio para erradicar el dopaje por completo. Aun así, Europa es el continente que mayor número de sanciones antidopaje presenta hasta el momento<sup>43</sup>. De esta manera, la prevención del dopaje debe ser un pilar fundamental en la educación deportiva del deportista, ligado a los valores éticos y sociales de lo que el deporte y la competición representa<sup>44,45</sup>. Si se conocen las sustancias que tienen mayor prevalencia en el dopaje y los deportes que mayormente utilizan estas sustancias o métodos ilícitos, se podrán realizar campañas de prevención mucho más específicas. Con este objetivo, y para futuras investigaciones, sería interesante conocer la distribución geográfica y la tendencia evolutiva de las sustancias dopantes y su posible relación con diferentes deportes, además de estudiar la proporción de AUT que pertenecen a los HAA reportados por cada laboratorio.

## Bibliografía

1. Byers T, Edwards J. Why DON'T you dope? a preliminary analysis of the factors which influence athletes decision NOT to dope in sport. *Choregia*. 2015;11:1-20.
2. Guezennec C. Doping: effectiveness, consequences, prevention. *Ann endocrinol*. 2001;62:33-41.
3. Atienza E, Frías F, Triviño J. El dopaje y el antidopaje en perspectiva histórica. Doping And Antidoping Historical Perspectives. *Mat Hist Dep*. 2014;12:94-110.
4. Triviño J. Dopaje. *Eunomia*. 2015;8:183-91.
5. Guía práctica para la actualización de la localización de equipos a través de ADAMS. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte. (Consultado 13/07/2016). Disponible en: <http://www.feb.es/Documentos/Archivo/upload/plata/GUIA%20PR%20C3%81CTICA%20PARA%20LA%20ACTUALIZACION%20DE%20LA%20LOCALIZACION%20DE%20EQUIPOS%20A%20TRAVES%20DE%20ADAMS.pdf>
6. De Vicente-Martínez R., Millán-Garrido A. *Dopaje deportivo y código mundial antidopaje*. Editorial Reus. Madrid; 2014.p.11-15.
7. Moldes-Farelo R. Cuanto Batir el récord es secundario: deporte espectáculo, construcción de mitos y consumo de sustancias prohibidas. (artículo online) 2004.p. 425-440. (Consultado 10/06/2017). Disponible en: <http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11305/CC76%20art%2026.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Morente-Sánchez J, Zabala M. Doping in sport: a review of elite athletes' attitudes, beliefs, and knowledge. *Sports Med*. 2013;43:395-411.
9. Haynes J. Socio-economic impact of the Sydney 2000 Olympic Games (artículo online). 2001. Barcelona: Centre d'Estudis Olímpics UAB. (Consultado 0209/2016). Disponible en: [http://olympicstudies.uab.es/pdf/wp094\\_eng.pdf](http://olympicstudies.uab.es/pdf/wp094_eng.pdf) Preuss H. The Economics of the Olympic Games: Hosting the Games 1972-2000. *Olympika*. 2000;10:87-92.
10. Bernard A, Busse M. Who wins the Olympic Games: Economic resources and medal totals. *Rev Econ Stat*. 2004;86:413-17.
11. Petersen E, Wilson M, Touch S, McCloskey B, Mwaba P, Bates M, et al. Rapid spread of Zika virus in the Americas-Implications for public health preparedness for mass gatherings at the 2016 Brazil Olympic Games. *IJID*. 2016;44:11-5.
12. Eberhardt K, Vinnemeier C, Dehnerdt J, Rolling T, Steffen R, Cramer J. Travelers to the FIFA world cup 2014 in Brazil: Health risks related to mass gatherings/sports events and implications for the Summer Olympic Games in Rio de Janeiro in 2016. *Travel Med Infect Dis*. 2016;14:212-20.
13. Yuma F, Yoiris A. Planificación de entrenamiento de la selección argentina de judo, para el periodo clasificatorio del ciclo olímpico Londres 2012. (artículo online). 2013. (Consultado 0209/2016). Disponible en: [http://congresoeducacionfisica.fahce.unlp.edu.ar/10o-ca-y-5o-l-efyc/actas-10-y5/Eje\\_2\\_MesaH\\_Yuma.pdf/at\\_download/file](http://congresoeducacionfisica.fahce.unlp.edu.ar/10o-ca-y-5o-l-efyc/actas-10-y5/Eje_2_MesaH_Yuma.pdf/at_download/file)
14. Von Elm E, Altman D, Egger M, Pocock S, Gøtzsche P, Vandenbroucke J. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology [STROBE] statement: guidelines for reporting observational studies. *Gac Sanit*. 2008;22:144-50.
15. Laboratory Statistics WADA-AMA 2003. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA\\_LaboStatistics\\_2003.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA_LaboStatistics_2003.pdf)
16. Laboratory Statistics WADA-AMA 2004. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA\\_LaboStatistics\\_2004.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA_LaboStatistics_2004.pdf)



17. Laboratory Statistics WADA-AMA 2005. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA\\_LaboStatistics\\_2005.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA_LaboStatistics_2005.pdf)
18. Laboratory Statistics WADA-AMA 2006. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA\\_LaboStatistics\\_2006.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA_LaboStatistics_2006.pdf)
19. Laboratory Statistics WADA-AMA 2007. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA\\_LaboStatistics\\_2007.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA_LaboStatistics_2007.pdf)
20. Laboratory Statistics WADA-AMA 2008. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA\\_LaboStatistics\\_2008.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA_LaboStatistics_2008.pdf)
21. Laboratory Statistics WADA-AMA 2009. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA\\_2009\\_LaboratoryStatisticsReport\\_Final.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA_2009_LaboratoryStatisticsReport_Final.pdf)
22. Laboratory Statistics WADA-AMA 2010. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA\\_2010\\_Laboratory\\_Statistics\\_Report.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA_2010_Laboratory_Statistics_Report.pdf)
23. Laboratory Statistics WADA-AMA 2011. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: <https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA-2011-Laboratory-Testing-Figures.pdf>
24. Laboratory Statistics WADA-AMA 2012. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: <https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/WADA-2012-Anti-Doping-Testing-Figures-Report-EN.pdf>
25. Laboratory Statistics WADA-AMA 2013. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/wada\\_2013\\_anti-doping\\_testing\\_figures\\_report\\_en.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/wada_2013_anti-doping_testing_figures_report_en.pdf)
26. Laboratory Statistics WADA-AMA 2014. (Consultado 19/01/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/wada\\_2014\\_anti-doping-testing-figures\\_full-report\\_en.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/wada_2014_anti-doping-testing-figures_full-report_en.pdf)
27. Laboratory Statistics WADA-AMA 2015. (Consultado 25/02/2017). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/2015\\_wada\\_antidoping\\_testing\\_figures\\_report\\_0.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/2015_wada_antidoping_testing_figures_report_0.pdf)
28. McLaren R. Wada investigation of Sochi Allegations. (Consultado 15/07/2016). Disponible en: [https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/mclaren\\_report\\_part\\_ii\\_2.pdf](https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/mclaren_report_part_ii_2.pdf)
29. Manonelles P, García-Felipe A, Rubio E, Álvarez J, Naranjo J, Conte J, et al. Adverse analytical findings in european anti-doping laboratories. *Arch Med Deporte*. 2013;30:260-70.
30. Birzniece V. Doping in sport: effects, harm and misconceptions. *IMJ*. 2015;45:239-48.
31. Strano-Rossi S, Abate MG, Braganò MC, Botrè F. Consumo de sustancias estimulantes y drogas de abuso en el deporte: la experiencia italiana. *Adicciones*. 2009;21:239-42.
32. Plan nacional sobre drogas. Informe 2015 del observatorio español sobre drogas. Situación y tendencias de los problemas de drogas en España. 2015. p 73. (Consultado 01/10/2016). Disponible en: [http://www.pnsd.mssi.gob.es/profesionales/publicaciones/catalogo/catalogoPNSD/publicaciones/pdf/ESTADISTICAS\\_2015.pdf](http://www.pnsd.mssi.gob.es/profesionales/publicaciones/catalogo/catalogoPNSD/publicaciones/pdf/ESTADISTICAS_2015.pdf)
33. Strano-Rossi S, Botrè F. Prevalence of illicit drug use among the Italian athlete population with special attention on drugs of abuse: a 10-year review. *JSSM*. 2011;29:471-6.
34. Gärevik N, Rane A. Dual use of anabolic-androgenic steroids and narcotics in Sweden. *Drug Alcohol Depend*. 2010;109:144-6.
35. Campos D, Yonamine M, Moraes Moreau R. Marijuana as doping in sports. *Sport Med*. 2003;33:395-9.
36. Greydanus D, Greydanus M, Joav Merrick M. Cannabis: Effective and safe analgesic? *JOP*. 2014;7:209-33.
37. Cuenca-Royo A, Sánchez-Niubó A, Torrens M, Suelves J, Domingo-Salvany A. La entrevista Cannabis Abuse Screening Test (CAST) para el diagnóstico de trastornos psiquiátricos en jóvenes consumidores de cannabis. *Adicciones*. 2013;25:87-8.
38. Hardie M. No va sobre la sangre. Operación Puerto y el fin de la modernidad. *Nómadas*. 2010;26:187-212.
39. Spyridaki M, Kioussi P, Vonaparti A, Valavani P, Zonaras V, Zahariou M, et al. Doping control analysis in human urine by liquid chromatography–electrospray ionization ion trap mass spectrometry for the Olympic Games Athens 2004: Determination of corticosteroids and quantification of ephedrines, salbutamol and morphine. *Anal Chim Acta*. 2006;573:242-9.
40. Kohler M, Thomas A, Geyer H, Petrou M, Schanzer W, Thevis M. Confiscated black market products and nutritional supplements with non-proved ingredients analyzed in the cologne doping control laboratory 2009. *DTA*. 2010;2:533-7.
41. Krug O, Thomas A, Walpurgis K, Piper T, Sigmund G, Schänzer W, et al. Identification of black market products and potential doping agents in Germany 2010–2013. *Eur J Clin Pharmacol*. 2014;70:1303-11.
42. Hatton C. Más allá de los titulares de dopaje en el deporte: la ciencia de las pruebas de laboratorio para los fármacos que aumentan el rendimiento. *Clin Ped Nort*. 2007;4:713-4.
43. Marco L, López J, Mallén J. El dopaje en los Juegos Olímpicos de verano (1968-2008). *Apunts*. 2009;44:66-73.
44. Marcos V, Horcajo J. La convicción en las actitudes relacionadas con el dopaje. *Rev Psicol Dep*. 2016;25:57-64.
45. Ruiz-Rico G, Cachón J, Valdivia P, Zagalaz M. Dopaje vs Fair Play. *JSHS*. 2014;6:107-16.

# Time to fatigue on lactate threshold and supplementation with sodium bicarbonate in middle-distance college athletes

Sergio Andrés Galdames Maliqueo<sup>1,2,3</sup>, Álvaro Cristian Huerta Ojeda<sup>2,3</sup>, Rafael Guisado Barrilao<sup>4</sup>, Pablo Andrés Cáceres Serrano<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Chile. <sup>2</sup>Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física y Deporte ISAFYD. Universidad de Las Américas sede Viña del Mar, Chile. <sup>3</sup>Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports, Chile. <sup>4</sup>School of Nursing, University of Granada, Spain. <sup>5</sup>Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

**Recibido:** 27.04.2017  
**Aceptado:** 10.07.2017

## Summary

**Introduction:** There have been many researches that have attempted to improve sports performance based on supplementation with different buffer substances. Within this group of substances, sodium bicarbonate supplementation has been widely used in both cyclic and acyclic sports. In the case of cyclic sports, it has been tried to improve the performance of pedestrian races at different percentages of peak oxygen uptake. However, the results on intensity over anaerobic threshold have been contradictory.

**Objective:** To determine the performance variation based on execution in a endurance test after sodium bicarbonate administration. The second aim to evaluate the levels of blood lactate in the finish of endurance test.

**Material and method:** Five college athletes of middle-endurance and endurance race runners were subjects in the study. The variables measured were: effort maximum time (in seconds) measured through a endurance test, and maximum lactate post effort. All athletes were administered sodium bicarbonate (0.3 g·Kg<sup>-1</sup> body mass) or a placebo (0.045 g·Kg<sup>-1</sup> body mass) an hour before each endurance test. Student's t-test (lactate) and Wilcoxon (time) was used for the statistical analysis. The size of the effect was calculated with Cohen's d-test.

**Results:** The effort maximum time showed a significant increase ( $P < 0.042$ ; size of the effect = 0.852) as well as lactate concentrations post effort ( $P < 0.022$ ; size of the effect = 1.987).

**Conclusions:** The results of the study showed that the supplementation with sodium bicarbonate generates an increase in the performance and lactate concentrations post effort, when the race speed surpasses by seven percent the anaerobic threshold speed.

**Key words:**  
Sodium bicarbonate. Lactate threshold. Athletes. Lactate.

## Tiempo hasta la fatiga sobre el umbral láctico y suplementación con bicarbonato de sodio en corredores de medio fondo universitarios

### Resumen

**Introducción:** Han sido muchas las investigaciones que han intentado mejorar el rendimiento deportivo en base a la suplementación con diferentes sustancias buffer. Dentro de este grupo de sustancias, la suplementación con bicarbonato de sodio ha sido ampliamente utilizada tanto en deportes cíclicos como acíclicos. En el caso de deportes cíclicos, se ha experimentado mejorar el rendimiento de carreras pedestres a diferentes porcentajes del consumo máximo de oxígeno. Sin embargo, los resultados a intensidades por sobre el umbral láctico han sido contradictorios.

**Objetivo:** Determinar la variación del rendimiento en base al tiempo de ejecución y producción de lactato post esfuerzo en una prueba de resistencia a una intensidad por sobre el UL posterior a la suplementación con bicarbonato de sodio.

**Material y métodos:** Cinco atletas de medio fondo y fondo universitarios fueron parte del estudio. Las variables medidas fueron: tiempo máximo de esfuerzo (segundos) evaluado a través de una prueba de tiempo límite y lactato máximo post esfuerzo. Una hora antes de cada prueba de tiempo límite los atletas fueron suplementados con bicarbonato de sodio (0,3 g·Kg<sup>-1</sup> masa corporal) o un placebo (0,045 g·Kg<sup>-1</sup> masa corporal). Para el análisis estadístico se utilizó la prueba t de Student (lactato) y Wilcoxon (tiempo). El tamaño del efecto fue calculado con la prueba d de Cohen.

**Resultados:** El tiempo máximo de esfuerzo tuvo incrementos significativos ( $p < 0,042$ ; tamaño del efecto = 0,852), al igual que las concentraciones de lactato post esfuerzo ( $p < 0,022$ ; tamaño del efecto = 1,987).

**Conclusión:** Los resultados del estudio mostraron que la suplementación con bicarbonato de sodio genera un aumento en el rendimiento y en las concentraciones de lactato post esfuerzo, cuando la velocidad de desplazamiento sobrepasa un siete por ciento la velocidad de umbral láctico.

**Palabras clave:**  
Bicarbonato de sodio,  
Umbral láctico. Atletas.  
Lactato.

**Correspondencia:** Sergio Andrés Galdames Maliqueo  
E-mail: sergio.galdames@upla.cl

## Introduction

When generating an effort in an anaerobic threshold intensity or higher, the metabolism changes from an aerobic predominance to an anaerobic glycolytic metabolism<sup>1</sup>. Once this occurs, fast fibers start functioning to produce a higher ion hydrogen (H<sup>+</sup>) concentration, hence reducing blood pH<sup>2</sup>. Muscular acidity caused by H<sup>+</sup> accumulation reduces the work capacity through the glycolytic way, causing a reduction in the muscular contractile capacity and preventing from maintain the effort intensity<sup>3</sup>. In order to work against the effects of the metabolic acidosis caused by the glycolytic metabolism, the body possesses physiological buffer systems that keep H<sup>+</sup> production under control<sup>4</sup>.

Among these natural buffer systems, sodium bicarbonate is considered as the most important compound to maintain an acid-based balance<sup>5</sup>. Drawn from this phenomenon, researchers have tried to determine whether the supplementation with buffering substances such as sodium bicarbonate<sup>6</sup>, sodium citrate<sup>7</sup>, b-alanine<sup>8</sup>, or carnosine<sup>9</sup>, can buffer to a larger extent the H<sup>+</sup> in order to delay fatigue in athletes and improve their performance<sup>10</sup>.

Based upon the foregoing, to exogenously increase sodium bicarbonate levels could reduce H<sup>+</sup> levels generated in the anaerobic glycolytic metabolism, hence increasing the lactate flux in the muscles active to the extracellular medium<sup>6</sup>. In this way, the resynthesis of adenosine triphosphate (ATP) by glycolysis may be allowed to continue under more favorable conditions, delaying the onset of muscle fatigue in high intensity efforts<sup>11</sup>. Nevertheless, the physiological mechanisms directly responsible for performance augmentation in humans are unknown<sup>12</sup>.

In this line of research, the response to the exogenous administration of sodium bicarbonate and physical performance in cyclic<sup>13,14</sup> and acyclic<sup>15,16</sup> sports have been studied. However, the results have been contradictory and they could not be directly related to the sodium bicarbonate supplementation but rather to the doses used, the level of training of the subjects, or the type of effort<sup>14</sup>. In the case of pedestrian races there are no reports of an increase in the performance after the intake of sodium bicarbonate in distances of 200 m or 400 m<sup>17</sup>. Nevertheless, some researchers have shown evidence of an increase in middle-endurance runners (800 m)<sup>18</sup>. An example was the study developed by Van Monfoort *et al*<sup>19</sup>, where they reported an improved response to a sprint until exhaustion test using sodium bicarbonate in comparison to other buffer ergogenic aids. However, the scarce evidence related to the intake of sodium bicarbonate in intensities above lactate threshold (LT) generates questions towards the organic responses generated through the supplementation of sodium bicarbonate in intensities positioned in this intensity zone.

It is interesting then to study the acute response of sodium bicarbonate supplementation in endurance athletes in the aforementioned effort zone. Stimulating runners to real competition intensities by increasing the distance of training repetitions could be an

efficient way to increase the performance of subjects. Consequently, will sodium bicarbonate supplementation improve the performance on a time limit test at an intensity higher than the LT in endurance athletes?

## Objectives

To determine the performance variation based on execution in a endurance test after sodium bicarbonate administration. The second aim to evaluate the levels of blood lactate in the finish of endurance test.

## Material and method

*Experimental approach to the study.* The sample for this study consisted of five male college students equivalent to the athlete population of middle-endurance runners of the University of Playa Ancha, Valparaiso, Chile. The inclusion criterion was to be a male athlete with a minimum of three years of experience in college endurance and middle-endurance athletic tests (1500 m a 10.000 m), the capacity to execute and maintain intensities above the lactate threshold and have the ability to execute the requested pace and cadence (Minimum lactate protocol and Endurance Test).

For the protocol application, a quasi-experimental cross-over intra-subject design was used. Each subject had to execute two endurance tests with 72 hours apart. The sodium bicarbonate intake and/or placebo was performed one hour before each endurance test. The administration of sodium bicarbonate and/or placebo was performed with a random double-blind method. Before commencing the study, each subject was measured for weight, height, 12-minute test, and lactate threshold. All participants of the study were told to not eat caffeine, drugs, or any substance that could increase their metabolism during the course of the experiment.

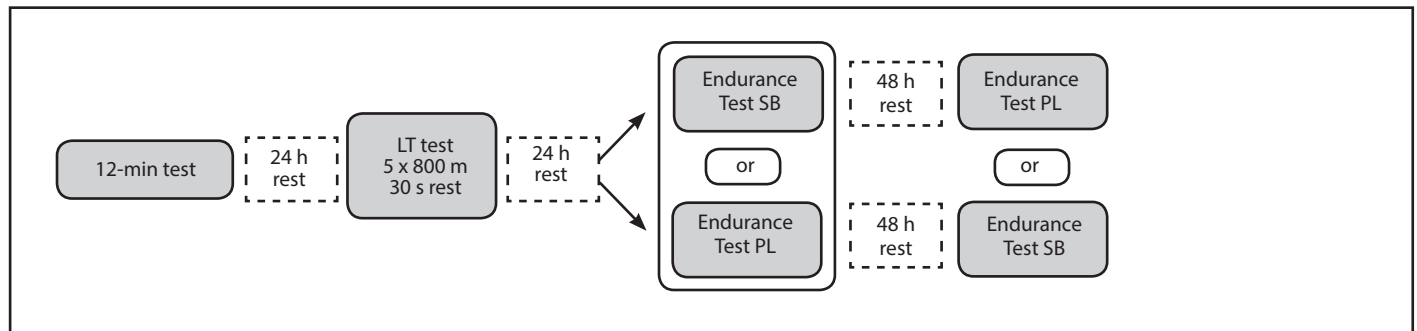
*Subjects.* Five male college athletes whit experience in middle-endurance and endurance races were part of the study. Age: 22.7 ± 1.95 years; weight 67.0 ± 5.3 Kg; height 173.0 ± 0.06 cm; bodily mass index 20.3 ± 2.6 Kg/m<sup>2</sup>; peak oxygen intake 70.76 ± 7.6 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (Table 1). All subjects were informed about the objective of the study and the possible risks of the experiment, all of them signed a written consent before the application of the protocol. The written consent, informative document, and the study were approved by the Committee of Bioetic of the University of Playa Ancha, Chile (register number 007/2016).

**Table 1. Characteristics of the sample (median ± SD).**

	<b>Experimental Group (n = 05) (median ± SD)</b>
Age (years)	22.7 ± 0.3
Height (cm)	173 ± 0.06
Weight (Kg)	67.0 ± 5.03
BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	20.3 ± 2.6
Test 12 minutes (m)	3750 ± 290.6
VO <sub>2</sub> max (mL·Kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	70.76 ± 6.50

BMI (Bodily Mass Index); mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (milliliters of oxygen consumed by kilogram of bodily weight per minute); SD (standard deviation).



**Figure 1. Methodological design of the treatment application with sodium bicarbonate and placebo.**

12-min test: 12 minutes test; h: hours; LT: lactate threshold; Endurance Test SB: Endurance test with sodium bicarbonate intake; Endurance Test PL: Endurance test with placebo intake; SB: sodium bicarbonate; PL: Placebo.

*Instruments.* For the characterization of the simple, weight and height were measured with a (Health o Meter Professional®) scale and stadiometer.

*Standard warm-up.* For the test and post-test evaluation, the warm-up consisted of 10 minutes of articular mobility including circumduction movements, flexion and extension of the limbs, continuous jog of 10 minutes at 130 beats/minute (heart rate registry was performed with a Polar RS300 cardiac monitor was used), passive flexibility of eight seconds for each muscular group, heel-stretching exercises, skipping, and three 80-meter ascension race.

*Test and post test.* Each athlete performed three evaluations. In the 12-minute test, all athletes were measured at the same time during the morning. For the lactate threshold, athletes were measured one by one consecutively during the morning. Finally, for the pre and post test through the aerobic resistance test, athletes were measured individually following the same order and the same starting time during the morning.

All three tests were performed every 24 hours, except for the two endurance tests that were performed every 48 hours. All tests were applied in a 400 m athletic court (Figure 1).

*Evaluation 1 (Day 1).* Peak oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ). The evaluation of indirect  $VO_{2max}$  was performed through a 12-minute test (Cooper). Before the evaluation, all subjects were requested to perform the longest distance possible for 12 minutes, and during the application of test the participants received oral cheers from the researchers. The distance each subject run was transformed into Km, and then the peak oxygen uptake was obtained with the following equation<sup>20</sup>:

$$VO_{2max} \text{ (ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = (22.351 \times \text{distance in kilometers}) - 11.288$$

Furthermore, the median velocity ( $V_{m12-min}$ ) was used to determine the effort steps for the lactate threshold test.

$$V_{m12-min} \text{ (m/s)} = (\text{distance in meters performed in 12 minutes} / 720 \text{ seconds})$$

*Evaluation 2 (Day 2).* Lactate Threshold (UL). In order to determine the LT all athletes were part of the minimum lactate protocol (LACmin) proposed by Tegtbur et al. (1993)<sup>21</sup>. In order to do so, athletes performed a maximum repetition of 500 m. Then, they performed a passive recovery of 8 minutes. From this minute on, athletes had to perform five repetition at 800 m at 75, 80, 85, 90, and 95% repetitions of  $V_{m12-min}$ , with a 30-second pause. At the end of each repetition, a blood sample was

**Table 2. Velocity of Treatment (UL+7% additional load).**

Subject	LT (m/s)	Rhythm Km	LT + 7% (m/s)	Rhythm Km
1	5.5	3 m 02 s	5,9	2 m 49 s
2	4.8	3 m 28 s	5,2	3 m 13 s
3	4.5	3 m 42 s	4,9	3 m 26 s
4	4.5	3 m 42 s	4,9	3 m 26 s
5	4.9	3m 24 s	5,3	3 m 09 s

m/s (meters per second); Km (kilometer); LT (lactate threshold).

taken from the earlobe. Lactate concentrations were entered into a registry form, and then put into graphs according to the visual inspection method of the curve to determine LT<sup>22</sup>. For blood lactate measuring, a (h/p/cosmos®) lactometer was used.

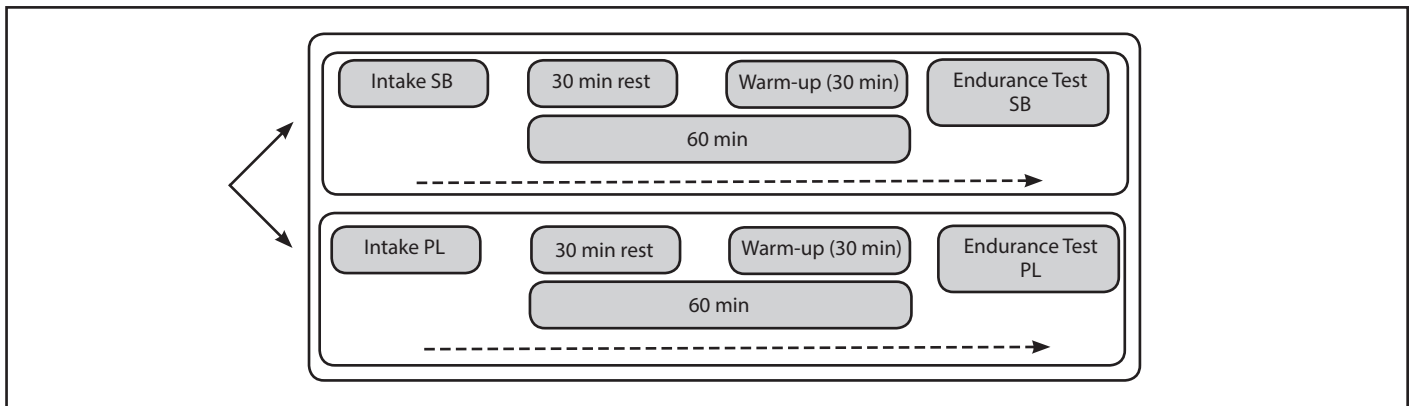
*Evaluation 3 (Day 3).* Endurance Test. In this evaluation, athletes must run for as long as possible at a LT +7% velocity of additional load of the LT velocity in m/s (Table 2). This test was executed with the supplementation of sodium bicarbonate or placebo (Figure 2).

In the administration of endurance test, the race velocity was controlled every 100 m with a beep sound. When athletes did not reach the marked line by the time the beep was heard, the test was considered finished and the final time (s) and lactate (mmol·L) was measured.

*Ergogenic aid.* One hour after executing the Endurance test<sup>21</sup>, all athletes ate a sodium bicarbonate solution or a placebo. The first solution had a concentration of 0.3 g·Kg<sup>-1</sup> of bodily mass diluted in 300 mL of distilled water<sup>6,23</sup>. The second solution (sodium chloride) had a concentration of 0.045 mg·Kg<sup>-1</sup> of bodily mass diluted in 300 mL of distilled water<sup>24</sup>. Considering the design used for the application of sodium bicarbonate or the placebo, a 48-hour difference was established between the second endurance test (Figure 1). The administration of the sodium bicarbonate solution or the placebo was at random with a double-blind protocol.

## Statistical Analysis

Time and lactate variables were submitted to the Shapiro-Wilk normality test. If the variables showed a normal distribution, they were

**Figure 2. Waiting time between sodium bicarbonate or placebo intake and the Endurance Test.**

SB: sodium bicarbonate; PL: Placebo; Endurance Test SB: Endurance test with sodium bicarbonate intake; Endurance Test PL: Endurance test with placebo intake.

submitted to a Student's *t* test. If the opposite occurred, the Wilcoxon test was applied.

According to the foregoing, the behavior of the variables during the Endurance Test application was submitted to a Student *t* test in order to compare the final Lactate concentrations in the test and post test. Wilcoxon test was applied to compare the total time of the Endurance test and post test. The size of the effect (ES) for this analysis was calculated using Cohen's *d* test. This analysis considers an insignificant effect ( $d < 0.2$ ), small ( $d = 0.2$  to  $0.6$ ), moderate ( $d = 0.6$  to  $1.2$ ), large ( $d = 1.2$  to  $2.0$ ) or very large ( $d > 2.0$ ). The level of significance for all statistical analysis was  $P < 0.05$ . The data analysis was performed with statistics SPSS software, version 12.0.

## Results

Once the Student's *t* test was applied, the final lactate produced in the endurance test supplemented with sodium bicarbonate presented a significant increase compared to the placebo supplementation ( $P < 0.022$ ;  $TE = 1.987$ ). Once the Wilcoxon was applied, the maximum time reached in the limit time test supplemented with sodium bicarbonate showed a significant increase in comparison to the placebo supplementation ( $P < 0.042$ ;  $TE = 0.852$ ). The results are presented in Table 3 and Table 4.

## Discussion

In connection to the main goal of the study, supplementing sodium bicarbonate to college endurance race athletes and submit them to endurance test at an intensity higher than LT (LT velocity +7% of the LT velocity in m/s), a significant increase was shown in the performance when contrasting the maximum time of effort ( $p < 0.05$ ). There was also a significant difference in the production of post effort Lactate ( $p < 0.05$ ).

Recent studies suggest the need for individual analysis of the results given the high variation in the response that athletes may have to this type of supplementation protocol<sup>25,26</sup>. In relation to the above, all athletes were able to increase their maximum effort time and lactate concentrations post effort despite the individual differences in their lactate threshold and indirect peak oxygen uptake

In relation to the already existing researches on sodium bicarbonate supplementation, Peart *et al.* (2012)<sup>27</sup> performed a revision and analysis of 40 studies where the intention was to improve the performance based on the ergogenic aid. Of the aforementioned studies, only six presented a treatment based on endurance races with maximum distance of 1500 m.

Additionally, the authors concluded that the protocols used do not exceed 120 s in average. In the case of this study, the time of effort maintained by the athletes supplemented with placebo was 426.6 s in

**Table 3. Lactate production and maximum time spent on the Endurance Test under sodium bicarbonate and a placebo supplementation.**

Lactate production on Endurance Test				
	Placebo median $\pm$ SD	Bicarbonate median $\pm$ SD	<i>t</i> -Student test	<i>d de Cohen</i>
Lactate (mmol·L)	13.32 $\pm$ 2.5	16.6 $\pm$ 0.8	*	1.987
Maximum time spent on Endurance Test				
	Placebo median $\pm$ SD	Bicarbonate median $\pm$ SD	Wilcoxon's test	<i>d de Cohen</i>
time (s)	426.6 $\pm$ 66.6	486.8 $\pm$ 74.7	*	0.8520

s (second); SD (standard deviation); \*  $p < 0.05$ ; mmol·L (milimols per Litre).

**Table 4. Delta of individual performances after placebo and sodium bicarbonate supplementation in relationship with lactate threshold**

Subject	LT (m/s)	Time PI (s)	Time Bic (s)	Δ (m)	Percent increment between Time PI and Time Bic (%)
1	5.5	544	612	68	11,1
2	4.8	400	480	80	16,7
3	4.5	400	440	40	9,1
4	4.5	407	444	37	8,3
5	4.9	380	418	38	9,1

m/s (meters per second); LT (lactate threshold); PI (placebo); Bic (Bicarbonate); (s) seconds; Δ (delta).

comparison to the athletes supplemented with sodium bicarbonate that was 486.8 s. The execution time experimented by the athletes supplemented sodium bicarbonate largely exceed the protocol of time employed in other studies<sup>3,5</sup>.

Miller *et al.* (2016)<sup>28</sup>, used an intake protocol similar to that used in the present study, but used for the treatment of RSA (repeated sprint ability). Although the intensities differ with the present study (both are high) it was possible to establish that sodium bicarbonate supplementation allows a greater amount of work to be done to athletes, as well to the present study.

Siegler *et al.* (2016)<sup>29</sup> conclude that sodium bicarbonate supplementation may improve sports performance when the intensity of effort is in the anaerobic aerobic transition zone. In this study, the additional effort load (7%), enters the athletes in this area. Therefore, when observing the result of effort time allows to determine the effectiveness of this compound for such zone of effort.

In studies where sodium bicarbonate has been supplemented using continuous protocols but at LT intensities, there were only significant changes in the performance (race time increase of 17%) but not in lactate production ( $p > 0.05$ )<sup>30</sup>. In connection to this study, significant changes were shown in both the execution time and the lactate production with sodium bicarbonate supplementation in endurance test (presented in Table 3). Possibly, the race velocity used in this study – faster than the one used by George *et al.* (1988)<sup>30</sup> – lead to a larger lactate production. At the same time, the final lactate production found in this study can also be attributed to the increase of bicarbonate levels in the extracellular medium (ergogenic aid), since this compound favors the production of H<sup>+</sup> and lactate from the active muscles into the blood stream<sup>31</sup>.

In another study with continuum protocol, endurance race athletes had to run at a LT rhythm for 30 minutes. After this race time, athletes had to perform until exhaustion with a race intensity of 110% of LT. The results showed that sodium bicarbonate intake produced favorable metabolic conditions for 30 minutes of steady exercise at a LT rhythm; however there was no evidence of a significant improvement in the performance at 110% LT<sup>32</sup>. The present research showed significant differences to supplementation with sodium bicarbonate at intensities above the LT, with a more representative protocol to speed of competition in middle distance races.

Other studies that have searched an ergogenic potential of sodium bicarbonate in prolonged exercises of high intensity have showed diverse and controversial results. The former could be explained by

the methodology used, the dosage of the compound, the post intake waiting time, the tests applied, the level of training of the athletes or the capacity of the subjects to generate large quantities of lactate with the selected exercise<sup>5,31</sup>.

On a different scope of endurance training but with objectives similar to the ones of this study, cyclo-ergometers have been used in cyclists. In this area, Stephen *et al.* (2002)<sup>33</sup> reported that the administration of sodium bicarbonate does not improve the performance when working at 77% of  $\dot{V}O_{2max}$ . The evidence shows that in order to generate an increase in performance it is necessary to select an adequate intensity that generates differences in blood pH<sup>34</sup>. For that matter, low effort intensities do not generate performance increase in tests with a glycolytic predominance considering that the acid-base balance during exercise in these characteristics is not modified and the sodium bicarbonate present in the body does not act as a buffer of the H<sup>+</sup> that are released to the extracellular medium together with Lactate. According to the previously mentioned, it is important to mention that to have positive effects in sodium bicarbonate supplementation the race intensity must surpass LT<sup>35</sup>, since it is from this point on that the anaerobic metabolism start to show predominance<sup>1</sup>, increasing muscular acidity.

An important variable in diverse researches is the intake time and the start of the treatment. Intake times fluctuating between 20 to 120 minutes have been found in literature<sup>11,23</sup>. Peart *et al.* (2012)<sup>27</sup> concluded that a 60-min intake time showed a greater buffer effect in the blood compared to shorter intake times.

The optimal time suggested for the intake of sodium bicarbonate with a 0.3 gr·kg<sup>-1</sup> dosage is 60 minutes<sup>23</sup>. That is the time used in this study.

In connection to the sodium bicarbonate dose, there are studies from the 1980's<sup>36</sup> that have carried out tests with doses lower than the ones used in this study. In that research, 0.2 gr·kg<sup>-1</sup> were used but there were no differences in the cyclists' performance that the researchers could observe. Several ulterior studies have suggested doses that range from 0.2 a 0.5 gr·kg<sup>-1</sup>.

Mc Naughton *et al.* (1992)<sup>37</sup>, a dose of 0.3 gr·kg<sup>-1</sup> is used in cyclists under a long duration exercise, suggesting that this is the recommended dose in order to improve resistance in long-distance resistance tests, providing evidence about its usage in athletes with a large dose. Particularly in athletics, Bird *et al.* (1995)<sup>38</sup>, used a dose of 0.3 gr·kg<sup>-1</sup> in middle-endurance athletes. Jones *et al.* (2016)<sup>25</sup>, concluded that bicarbonate concentrations and arterial pH increased significantly from the baseline after testing different doses, finding that the concentration of 0.3 gm·kg<sup>-1</sup> showed the higher increments.

It can be concluded that supplementation with sodium bicarbonate has ergogenic effects for the distance. In recent studies, Carr *et al.* (2011)<sup>39</sup> concluded that, in connection to the values of arterial PH and arterial bicarbonate, the recommended dose is 0.3 gr·kg<sup>-1</sup>, which was used in this study. The results showed statistical significant differences in the variables studied.

## Conclusions

According to the results obtained, there is evidence that sodium bicarbonate supplementation can significantly increase the performance of endurance race athletes since they are capable of prolong their effort for a longer period of time at a seven percent intensity above LT velocity. Also, the intake of this solution generates a higher concentration of final lactate post effort, which demonstrates its efficacy when released to the blood torrent allowing the generation of more energy. All athletes were able to improve their performance despite having different levels of lactic threshold, even with a difference of 0.5 m·s.

## Practical applications

The treatment used equals to a race intensity employed generally by athletes both in trainings and in competitions. Therefore, rhythm control by the subjects was no impediment to carry out the study, in addition to represent a competence situation provided by the surrounding and the race rhythm.

In connection to the dosage of sodium bicarbonate used, 0.3 g·Kg<sup>-1</sup> bodily mass, it was observed that it was appropriate to increase the performance of athletes.

The administration of sodium bicarbonate in middle-endurance and endurance races with intensities below LT could have no beneficial effect for the performance of athletes because the natural buffering mechanisms of H<sup>+</sup> and the lactate removal would function efficiently. In this case if a 5000 m runner shows a race rhythm lower than their LT, the sodium bicarbonate might not have any benefits in their performance.

## Suggestions and limitations

Within the limitations for the realization of continuous protocols at intensities above the lactate threshold is the level of training of subjects. They must have experience at lactate threshold intensities or superior. The individual responses to intensities above the lactate threshold are highly variable, so many studies have very dissimilar results. According to the above, the samples of the studies are small because of the technical, psychological and physical specificity required to maintain an effort in those intensities. In addition, for lactate threshold protocol, it is necessary for athletes to have optimal rhythm control so that they can adequately complete the different steps of effort as it is the fundamental requirement for setting the pace of treatment.

It is suggested for future research to be able to determine the individual intake time before applying the protocol. This could lead to better results of the study, given that in this study a standard intake time was given to all athletes. The dosage used seems to be the most

appropriate according to the literature. If possible, it could give greater support to the results found with some biomedical variables such as arterial pH and blood bicarbonate, as well as many studies cited.

## Bibliography

- Calderón F, Benito P, Peinado A, Díaz V. Significado fisiológico de la transición aeróbica-anaeróbica. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2008;8(32):321-37.
- Kemp G. Muscle cell volume and pH changes due to glycolytic ATP synthesis. *J Physiol (Lond)*. 2007;582(1):461-5.
- Zajac A, Cholewa J, Poprzecki S, Waskiewicz Z, Langfort J. Effects of sodium bicarbonate ingestion on swim performance in youth athletes. *J Sports Sci Med*. 2009;8(1):45-50.
- Hidalgo I, Mena V, Fernández B, Heredero M, Ruiz W. Acidosis metabólica: Un reto para los intensivistas. *Rev Cubana Pediatr*. 2005;77(2):0-0.
- McNaughton L, Siegler J, Midgley A. Ergogenic effects of sodium bicarbonate. *Curr Sports Med Rep*. 2008;7(4):230-6.
- Burke L, Pyne D. Bicarbonate loading to enhance training and competitive performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2007;2(1):93.
- Oopik V, Saaremetts I, Medijainen L, Karelson K, Janson T, Timpmann S. Effects of sodium citrate ingestion before exercise on endurance performance in well trained college runners. *Br J Sports Med*. 2003;37(6):485-9.
- Sale C, Saunders B, Harris RC. Effect of beta-alanine supplementation on muscle carnosine concentrations and exercise performance. *Amino Acids*. 2010;39(2):321-33.
- Sale C, Artioli G, Gualano B, Saunders B, Hobson RM, Harris RC. Carnosine: From exercise performance to health. *Amino Acids*. 2013;44(6):1477-91.
- Wu C, Shih M, Yang C, Huang M, Chang C. Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match. *J Int Society Sports Nutr*. 2010;7(1):1.
- Junior A, de Salles P, Saunders B, Artioli G. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during high-intensity exercise. *Sports Med*. 2015;45(1):71-81.
- Siegler J, Marshall P. The effect of metabolic alkalosis on central and peripheral mechanisms associated with exercise-induced muscle fatigue in humans. *Exp Physiol*. 2015;100(5):519-30.
- Zabala M, Peinado AB, Calderón FJ, Sampedro J, Castillo MJ, Benito PJ. Bicarbonate ingestion has no ergogenic effect on consecutive all out sprint tests in BMX elite cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(12):3127-34.
- Siegler J, Gleadall-Siddall D. Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. *J Strength Cond Res*. 2010;24(11):3105-11.
- Kazemi M, Hashemvarzi S, FallahMohammadi Z. The combined effect of creatine and sodium bicarbonate supplementation on blood lactate and anaerobic power in young taekwondo players. *Int J Sport Stud*. 2013;3(9):963-69.
- Siegler J, Hirscher K. Sodium bicarbonate ingestion and boxing performance. *J Strength Cond Res*. 2010;24(1):103-8.
- Brisola G, Miyagi W, da Silva H, Zagatto A. Sodium bicarbonate supplementation improved MAOD but is not correlated with 200- and 400-m running performances: A double-blind, crossover, and placebo-controlled study. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015;40(9):931-7.
- Stellingwerff T, Boit M, Res P. Nutritional strategies to optimize training and racing in middle-distance athletes. *J Sports Sci*. 2007;25(5):517-528.
- Van Montfoort M, Van Dieren L, Hopkins W, Shearman J. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate, and chloride on sprint running. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(7):1239-43.
- Cooper K. A means of assessing maximal oxygen intake: Correlation between field and treadmill testing. *JAMA*. 1968;203(3):201-4.
- Tegtbur U, Busse M, Braumann K. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(5):620-7.
- Fernández-Castany B, Delgado M. Evolución y aplicación práctica del umbral anaeróbico en el entrenamiento deportivo: Revisión. *Eur J Human Movement*. 1996(2):39-53.
- Siegler J, Midgley A, Polman R, Lever R. Effects of various sodium bicarbonate loading protocols on the time-dependent extracellular buffering profile. *J Strength Cond Res*. 2010;24(9):2551-7.
- Materko W, Santos E, Novaes J. Effect of bicarbonate supplementation on muscular strength. *J Exerc Physiol Online*. 2008;11(6).



25. Jones R, Stellingwerff T, Artioli GG, Saunders B, Cooper S, Sale C. Dose-response of sodium bicarbonate ingestion highlights individuality in time course of blood analyte responses. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2016;26(5):445-53.
26. de Araujo G, Silva V, Salles V, Venta C, Artioli G, Gualano B, et al. (In) consistencies in responses to sodium bicarbonate supplementation: A randomised, repeated measures, counterbalanced and double-blind study. *PLoS one.* 2015;10(11):e0143086.
27. Peart D, Siegler J, Vince R. Practical recommendations for coaches and athletes: A meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1975-83.
28. Miller P, Robinson A, Sparks S, Bridge C, Bentley D, McNaughton L. The effects of novel ingestion of sodium bicarbonate on repeated sprint ability. *J Strength Cond Res.* 2016;30(2):561-568.
29. Siegler J, Marshall P, Bishop D, Shaw G, Green S. Mechanistic insights into the efficacy of sodium bicarbonate supplementation to improve athletic performance. *Sports med open.* 2016;2(1):41.
30. George K, MacLaren D. The effect of induced alkalosis and acidosis on endurance running at an intensity corresponding to 4 mM blood lactate. *Ergonomics.* 1988;31(11):1639-45.
31. Requena B, Zabala M, Padial P, Feriche B. Sodium bicarbonate and sodium citrate: Ergogenic aids? *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):213-24.
32. Potteiger JA, Webster MJ, Nickel GL, Haub MD, Palmer RJ. The effects of buffer ingestion on metabolic factors related to distance running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1996;72(4):365-71.
33. Stephens TJ, McKenna MJ, Canny BJ, Snow RJ, McConell GK. Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(4):614-21.
34. Marx JO, Gordon SE, Vos NH, et al. Effect of alkalosis on plasma epinephrine responses to high intensity cycle exercise in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2002;87(1):72-7.
35. Price M, Moss P, Rance S. Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(8):1303-8.
36. Horswill CA, Costill DL, Fink WJ, Flynn MG, Kirwan JP, Mitchell JB, et al. Influence of sodium bicarbonate on sprint performance: Relationship to dosage. *Med Sci Sports Exerc.* 1988;20(6):566-9.
37. McNaughton LR. Sodium bicarbonate ingestion and its effects on anaerobic exercise of various durations. *J Sports Sci.* 1992;10(5):425-35.
38. Bird S, Wiles J, Robbins J. The effect of sodium bicarbonate ingestion on 1500 m racing time. *J Sports Sci.* 1995;13(5):399-403.
39. Carr A, Slater G, Gore C, Dawson B, Burke L. Effect of sodium bicarbonate on [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>], pH, and gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011;21(3):189.

# Prevalencia y cambios dinámicos de las ondas T vagotónicas durante el ejercicio en una población futbolista de élite

Aridane Cárdenes León<sup>1</sup>, José Juan García Salvador<sup>1</sup>, Clara A. Quintana Casanova<sup>1,2</sup>, Alfonso Medina Fernández Aceytuno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hospital Universitario de Gran Canaria. Dr. Negrín. Las Palmas. <sup>2</sup>Hospital Perpetuo Socorro. Las Palmas.

**Recibido:** 07.02.2017

**Aceptado:** 18.07.2017

## Resumen

**Introducción:** Las características del electrocardiograma del deportista son aún hoy en día objeto de múltiples publicaciones cuyo significado fisiológico se ha ido esclareciendo a medida que se han correlacionado las diferentes variantes con una evaluación cardiológica sofisticada y un seguimiento prolongado. Existen diferentes alteraciones de la repolarización descritas en la población deportista. Las ondas T vagotónicas son un hallazgo frecuente en esta población, aunque la dinámica de dichos hallazgos durante el ejercicio tiene actualmente un significado incierto. El objetivo de nuestro estudio fue determinar su prevalencia en una población de deportistas de élite y analizar su comportamiento en diferentes estadios del ejercicio.

**Métodos:** Se analizó una población de 91 futbolistas profesionales varones de un equipo de la máxima categoría de la liga de fútbol española (edad 26 años  $\pm$  4,49 años). Se evaluó en el electrocardiograma basal la presencia de ondas T vagotónicas, así como su asociación con diferentes variables electrocardiográficas y ecocardiográficas. Además, se estudió la dinámica de la morfología de estas ondas durante las distintas etapas de una prueba de esfuerzo maximal.

**Resultados:** Se identificaron 14 sujetos (15%) con presencia de ondas T vagotónicas en el ECG basal. En 13 de los 14 atletas (92%) se objetivó un comportamiento dinámico de las ondas, con desaparición progresiva durante el esfuerzo y posterior reaparición desde etapas precoces de la recuperación, con voltajes similares al electrocardiograma basal.

**Conclusiones:** Este estudio evidencia que las ondas T vagotónicas se deben fundamentalmente al predominio del tono parasimpático. El ejercicio puede considerarse una estrategia de gran utilidad a la hora de su estudio.

## Palabras clave:

Ondas T vagotónicas. Atleta.  
Electrocardiograma.  
Cardiología del deporte.

## Prevalence and dynamic changes of vagotonic T waves during exercise in elite soccer player population

### Summary

**Introduction:** The characteristics of the athlete's electrocardiogram are still today the subject of multiple publications whose physiological meaning has been clarified as the different variants have been correlated with a sophisticated cardiological evaluation and a prolonged follow-up. There are different alterations of repolarization described in the sports population, among them the most frequently reported in the literature are: early repolarization, vagotonic T waves, ST-T alterations, etc. Vagotonic T waves are a common finding in the athlete population, although currently, the dynamic changes of this finding during exercise, have an uncertain meaning. The aim of our study was to determine its prevalence in a population of elite athletes and analyze their behavior at different stages of the exercise.

**Methods:** A population of 91 male, professional soccer players of a team of the first division of the Spanish football league (age 26 years  $\pm$  4.49 years) were analyzed. The presence of vagotonic T waves was assessed at baseline electrocardiogram and their association with different electrocardiographic and echocardiographic variables was also analyzed. The dynamic changes of the morphology of these waves were studied at different stages during a maximal effort trial.

**Results:** The presence of vagotonic T waves was identified in the baseline ECG in 14 (15%) subjects. In 13 out of 14 athletes (92%), a dynamic behavior of the vagotonic waves was observed. It had a progressive disappearance during exercise and it reappeared at the early stages of recovery, with similar voltages to that observed at the baseline electrocardiogram.

**Conclusions:** This study evidence that vagotonic T waves are mainly due to the predominance of parasympathetic tone. The exercise can be considered a useful strategy when study.

## Key words:

Vagotonic T waves. Athlete.  
Electrocardiogram.  
Cardiology sport.

**Correspondencia:** Aridane Cárdenes León  
E-mail: aricardenes@gmail.com

## Introducción

Las características del electrocardiograma del deportista son aún hoy en día objeto de múltiples publicaciones cuyo significado fisiológico se ha ido esclareciendo a medida que se han correlacionado las diferentes variantes con una evaluación cardiológica sofisticada y un seguimiento prolongado. A pesar de que se han descrito en numerosas ocasiones en la literatura, las guías y criterios actuales no incorporan las ondas T vagotónicas como adaptación fisiológica y variante de la normalidad en el deportista<sup>1</sup>.

Diversas pruebas que incluyen la monitorización electrocardiográfica continuada, tanto en reposo como en esfuerzo, así como las técnicas de imagen (ecocardiograma transtorácico, resonancia cardíaca, tomografía computerizada de tórax), han sido de gran utilidad a la hora de discernir las variantes electrocardiográficas fisiológicas del deportista de la presencia de cardiopatía subyacente. Por otro lado, la introducción del estudio genético en la población deportista con sospecha de miocardiopatías familiares o canalopatías ha supuesto un escalón importante a la hora de profundizar en el estudio etiológico de los atletas.

La prevalencia global de las alteraciones de la repolarización en los deportistas es relativamente frecuente y variable en las diferentes series publicadas en la literatura<sup>2</sup>. Hoy en día, existen criterios establecidos que nos resultan de gran utilidad a la hora de valorar cuando debemos realizar un estudio más profundo en el deportista en presencia de alteraciones electrocardiográficas. Clásicamente, se han empleado los criterios de Seattle<sup>3</sup> y los Criterios de la Sociedad Europea de Cardiología<sup>4</sup>. En los últimos años, se han establecido unos criterios unificados, denominados criterios refinados, que presentan una mayor especificidad y sensibilidad a la hora de discriminar la presencia de cardiopatías en este subgrupo de población<sup>5</sup>.

Existen diferentes alteraciones de la repolarización descritas en la población atleta, entre ellas, las más frecuentemente reportadas en la literatura son: repolarización precoz, ondas T vagotónicas, ondas U, supradesnivelación del segmento ST y ondas T negativas.

Las ondas T vagotónicas se definen como ondas T altas, simétricas y estrechas de más de 5 mm en derivaciones de miembros o más de 10 mm en derivaciones precordiales<sup>6</sup> (Figura 1) y son frecuentemente observadas en deportistas asintomáticos y sometidos a altas cargas de actividad física. Presentan una prevalencia del 14% de los atletas de competición<sup>1</sup>. Dichas alteraciones suelen desaparecer con el tiempo, cuando cesa el entrenamiento físico de alta intensidad<sup>1</sup>, aunque no existe información rigurosa, en el momento actual, en relación a la frecuencia y la dinámica en la que estos cambios ocurren.

Por ello, el objetivo de nuestro estudio fue determinar la prevalencia de ondas T vagotónicas en una población de deportistas de élite, así como analizar su comportamiento dinámico en diferentes estadios del ejercicio.

## Material y método

Desde junio de 2010 hasta junio de 2015, un equipo médico compuesto por médicos deportivos y cardiólogos se encargó de realizar una valoración completa previa al inicio de la temporada a 91 futbolistas

profesionales varones de un equipo de la Primera División Española. Durante este tiempo, se ha realizado en todos ellos un estudio que incluye una historia clínica detallada individual y familiar, exploración física, electrocardiograma de 12 derivaciones, ecocardiografía transtorácica en 2 dimensiones, ergoespirometría con evaluación de consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2\text{max}$ ), analítica de rutina, así como estudio antropométrico y recogida de datos morfológicos.

Este grupo de deportistas de élite se define como futbolistas profesionales cuyo principal recurso de ingreso sea derivado de su actividad física, así como que compitan en categorías de primera o segunda división de la Liga Nacional de fútbol española. Todos ellos presentan como requisito fundamental un tiempo de entrenamiento superior a 10 horas semanales.

Se entregó un consentimiento informado para la realización de la valoración deportiva. Se realizó un electrocardiograma de 12 derivaciones a 25 mm/s y 10 mm/mV en todos ellos. Todos los electrocardiogramas han sido interpretados por dos cardiólogos con experiencia en el ámbito de la cardiología del deporte. En el análisis del ecocardiograma transtorácico, la mayoría de los estudios fueron realizados con un equipo de ultrasonidos Siemens Vivid T7. Se estimó la fracción de eyección por el método de Teichotz. Se midieron los diámetros de ambos ventrículos y la aurícula izquierda así como los espesores parietales en eje paraesternal largo.

Se realizó ergoespirometría (equipo de Philips) a los 91 deportistas, empleándose un protocolo de deportista (calentamiento de 4 minutos, aumento progresivo de la carga de esfuerzo con aumento de 1 Km/h cada minuto, manteniéndose una pendiente constante de 1% y etapa de recuperación activa de 3 minutos). En todos ellos, se calculó el consumo máximo de oxígeno durante la prueba, así como los umbrales aeróbicos y anaeróbicos alcanzados. Los gases respirados se analizaron mediante un equipo Ergometrúx Cx. En todas estas pruebas, se intenta realizar una ergometría maximal.

Asimismo, para estudiar el comportamiento y patrón dinámico de las ondas T vagotónicas durante el ejercicio, hemos establecido cuatro etapas diferentes: basal, etapa 5 del ejercicio (velocidad 10 Km/hora), etapa 9 del ejercicio (velocidad 14 Km/hora) y el segundo minuto de la etapa de recuperación. Para definir los cambios de estas ondas durante el esfuerzo, hemos empleado el criterio de disminución de igual o más del 50% del voltaje durante el esfuerzo en relación al voltaje basal.

## Estadística

Se ha calculado la media y desviación típica o la mediana y percentil 25 y 75 para describir las variables cuantitativas según la normalidad de los datos. Se ha utilizado el test de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los datos de las variables cuantitativas. Se ha calculado la frecuencia y porcentaje en las variables cualitativas. Se ha utilizado *t* de student para comparar los datos cuantitativos y en aquellos casos que la variable no seguía una distribución normal, se utilizó el test de la U de Mann-Whitney. Para comparar los datos cualitativos, utilizamos la prueba chi cuadrado. Se ha considerado significativo un *p*-valor < 0,05. El programa estadístico utilizado ha sido R Core Team (2014).

## Resultados

Se realizó el estudio completo en los 91 deportistas de nuestra serie. Se trata de una población de deportistas en su mayor parte de raza caucásica (91,2%) con una edad media de edad 26 años  $\pm$  4,49 años y un índice de masa corporal de 23,28  $\pm$  1,62 Kg/m<sup>2</sup>. El tiempo de seguimiento fue de 36  $\pm$  9 meses. Ninguno de estos atletas tuvo que suspender su actividad física por presentar hallazgos patológicos en el momento de nuestra valoración ni durante el seguimiento, así como eventos cardiovasculares durante este periodo. Se encontró una mayor tendencia a la presencia de ondas T vagotónicas en deportistas que realizaban más horas de entrenamiento (Tabla 1).

## Electrocardiograma

En cuanto a las características del electrocardiograma, un 98% de los sujetos se encontraban en ritmo sinusal, de éstos (los otros dos pacientes restantes presentaban ritmo auricular bajo), un 61% presentaban bradicardia sinusal en el momento de la valoración.

Se objetivaron 85 (93%) futbolistas con trastornos de la repolarización basales. El trastorno más frecuentemente objetivado en nuestra población de atletas fue la presencia de ondas U en derivaciones precordiales (79 deportistas (87%)). El segundo trastorno de la repolarización más frecuente fue la presencia de repolarización precoz, objetivada en n=67 (74%). Las siguientes alteraciones de la repolarización más frecuentemente identificadas en orden descendente han sido: ascenso del ST n=24 (26%), ondas T vagotónicas n=14 (15%) y ondas T negativas asimétricas n=7 (8%). Como hemos comentado previamente, las ondas T vagotónicas se identificaron en el 15% de los sujetos, mientras que 77 deportistas (85%) no presentaban este hallazgo (Tabla 2).

Los pacientes que presentaron estas alteraciones basales, mostraban una mayor presencia de desviación del eje cardíaco a la derecha en el electrocardiograma de superficie, así como una mayor tendencia a la bradicardia sinusal, bloqueo AV de 1º grado y signos de hipertrofia ventricular izquierda (Tabla 3).

## Ecocardiograma

El estudio ecocardiográfico realizado no mostró la presencia de cardiopatía estructural en ninguno de los pacientes que presentaban ondas T vagotónicas. Tampoco se objetivaron diferencias significativas entre las distintas variables ecocardiográficas en ambos grupos. Todos los parámetros ecocardiográficos analizados en el estudio vienen recogidos en la Tabla 4.

A pesar de que tanto la aparición de ondas T vagotónicas como la dilatación de las cavidades derechas, han sido hallazgos ampliamente descritos en los deportistas, en dicho análisis se observa que el diámetro telediastólico del ventrículo derecho (DTDVD) es menor en el grupo de ondas T vagotónicas (31 mm vs. 35 mm) con un valor de p casi significativo (0,08).

## Ergoespirometría

Ninguna de las pruebas de esfuerzo ha sobrepasado un tiempo de ejercicio superior a 12 minutos, finalizándose dichas pruebas prácticamente en su totalidad por agotamiento del deportista.

Tabla 1. Características basales.

	Ondas T vagotónicas		P valor
	Sí	No	
Edad, años	28 (23,3 - 30)	26 (23 - 29)	0,36
IMC, Kg/m <sup>2</sup>	23,05 (22,12 - 23,6)	23,08 (22,22 - 22,4)	0,9
FC, lpm	56 (50 - 60,8)	58 (52 - 68)	0,21
TAS, mmHg	125 (114 - 130)	125 (115 - 132)	0,73
TAD, mmHg	64 (59 - 76)	67 (60 - 72)	0,65
Tiempo entrenamiento semanal, horas	18,5 (15,75 - 21,25)	14 (12 - 14)	0,38
FRCV	0 (0/14)	0 (0/77)	1
AF muerte súbita	0 (0/14)	0 (0/77)	1

IMC: índice de masa corporal. FC: frecuencia cardíaca. TAS: tensión arterial sistólica. TAD: tensión arterial diastólica. FRCV: factores de riesgo cardiovascular. AF: antecedentes familiares.

Tabla 2. Prevalencia de alteraciones de la repolarización.

Alteración de la repolarización, %	93 (85/91)
Ondas U	87 (79/91)
Repolarización precoz	74 (67/91)
Supradesnivel del ST-T	26 (24/91)
Ondas T vagotónicas	15 (14/91)
Ondas T negativas asimétricas,	8 (7/91)

Tabla 3. Variables electrocardiográficas.

	Ondas T vagotónicas		p-valor
	Sí	No	
Ritmo sinusal, %	100 (14/14)	97 (75/77)	1
FC < 60 lpm, %	71 (10/14)	60 (46/77)	0,55
Signos de HVI, %	64 (9/14)	43 (33/77)	0,16
PR, ms	144 (136 - 156)	156 (142 - 176)	0,15
QRS, ms	109 (104 - 113)	108 (100 - 114)	0,77
QTc, ms	408 (389,3 - 413,8)	404 (387 - 416)	0,79
BAV 1º grado, %	14 (2/14)	5 (4/77)	0,23
Eje desviado a la derecha	71 (10/14)	36 (28/77)	0,04

FC: frecuencia cardíaca, HVI: hipertrofia ventricular izquierda. BAV: bloqueo auriculo-ventricular.

Tabla 4. Variables ecocardiográficas.

	Ondas T vagotónicas		p-valor
	Sí	No	
FE de ventrículo izquierdo, %	63 (59,3 - 66,3)	64 (60 - 68,3)	0,53
DTDVI, mm	53 (50 - 55,7)	53 (50,9 - 56)	0,42
DTSVI, mm	33 (32 - 34,38)	34 (31 - 36)	0,53
TIV, mm	10 (9,25 - 10)	10 (9,38 - 11)	0,51
PPL, mm	10 (9 - 10)	10 (9 - 10)	0,98
Diámetro de AI, mm	38 (36 - 38)	37 (36 - 38)	0,93
DTDVD, mm	31 (30 - 34)	35 (32 - 36,5)	0,08

FE: fracción de eyección, DTDVI: diámetro telediastólico de ventrículo izquierdo, DTSVI: diámetro telesistólico de ventrículo izquierdo. TIV: tabique interventricular. PPL: pared posterolateral. AI: aurícula izquierda. DTDVD: diámetro telediastólico de ventrículo derecho.



Figura 1. ECG de un deportista con presencia de ondas T vagotónicas.

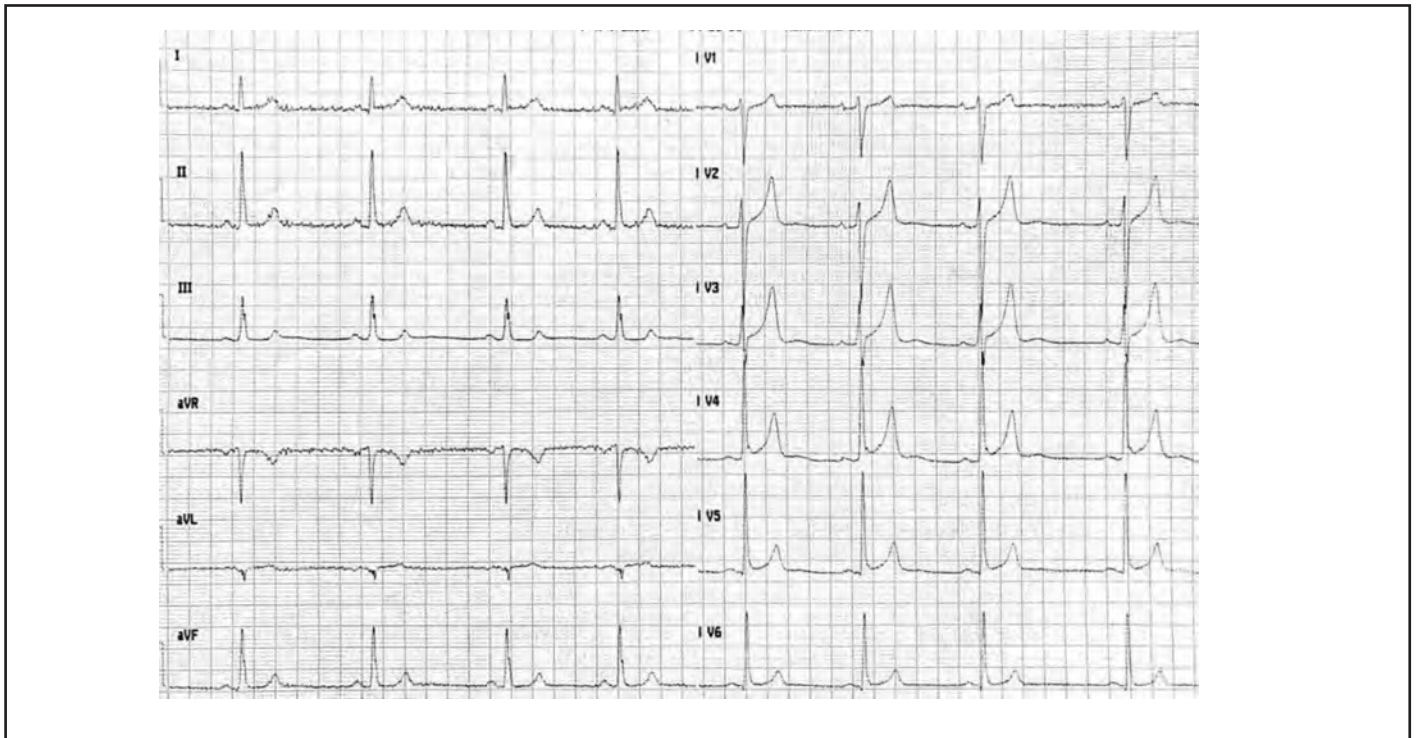


Tabla 5. Variables de la ergoespirometría.

	Ondas T vagotónicas		p valor
	Sí	No	
FC basal, latidos/min	56 (50 - 60,75)	58 (52 - 68)	0,21
FC máxima, latidos/min	181 (172,5 - 184,3)	185,5 (178 - 189,8)	0,19
TAS máxima, mmHg	169 (162,5 - 173)	174 (165 - 186)	0,1
TAD máxima, mmHg	71 (70 - 77,5)	80 (71 - 90)	0,05
METS	19,1 (18,3 - 19,4)	19,1 (18 - 20,1)	1
VO <sub>2</sub> máximo, ml/Kg/min	56,7 (54,7 - 62,3)	57,8 (54,5 - 61,7)	0,9
RQ durante VO <sub>2</sub> max	1,09 (1,04 - 1,12)	1,11 (1,09 - 1,14)	0,32

FC: frecuencia cardíaca, TAS: tensión arterial sistólica, TAD: tensión arterial diastólica, VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno, RQ: cociente respiratorio.

Tabla 6. Voltaje de las ondas T vagotónicas (mV) de los 14 futbolistas en cuatro etapas diferentes durante la prueba de esfuerzo: basal, etapa 5 de ejercicio, etapa 9 de ejercicio y recuperación (a los 2 minutos).

Deportista	Basal	Etapa 5	Etapa 9	Recuperación (minuto 2)
1	13	7	5	11,5
2	10	8	8	12
3	12	8,5	6	14
4	15	8	6,5	12,5
5	11	6	5	12
6	18	8	8	14
7	10	10	11	6
8	18	8	8,5	16
9	14	6	5	11
10	14	9	7	16
11	11	4	5	10
12	16	9	8	14
13	17	8	6	15
14	12	6	6,5	11

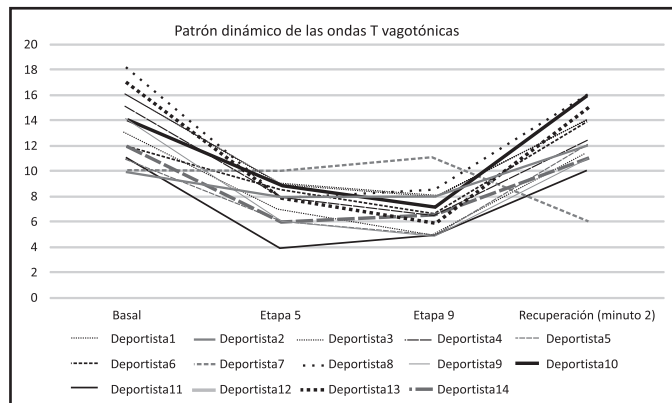
Los pacientes de la muestra de estudio realizaron un consumo máximo de oxígeno de  $57 \pm 6$  ml/Kg/min (Tabla 5). Al analizar el comportamiento de las ondas T vagotónicas frente al ejercicio durante las pruebas de ergoespirometrías de carácter maximal, empleando las cuatro etapas descritas previamente, se identificó un comportamiento dinámico de éstas (Figura 2). Se objetivó su desaparición progresiva

durante el esfuerzo y su posterior reaparición desde el segundo minuto de la etapa de la recuperación, con voltajes similares a los del electrocardiograma basal (Figuras 3 y 4) en el 93% (n=13) de estos deportistas, alcanzando estos cambios el rango de significativos en 11 (79%) de los futbolistas de nuestra serie (Tablas 6 y 7).

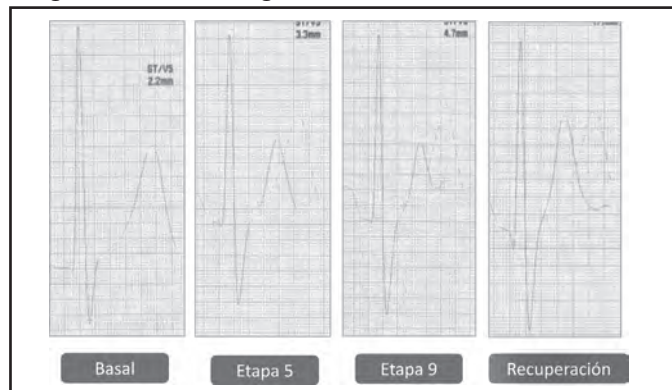
**Tabla 7. Frecuencia cardíaca (latidos por minuto) de los 14 futbolistas en cuatro etapas diferentes durante la prueba de esfuerzo: basal, etapa 5 de ejercicio, etapa 9 de ejercicio y recuperación (a los 2 minutos).**

Deportista	Basal	Etapas 5	Etapas 9	Recuperación (minuto 2)
1	49	130	160	106
2	90	164	192	139
3	43	121	162	115
4	61	119	174	130
5	58	148	172	132
6	50	155	172	121
7	70	137	177	131
8	54	139	157	105
9	52	130	164	112
10	60	147	181	130
11	47	138	170	120
12	64	154	186	134
13	55	155	178	124
14	50	124	150	101

**Figura 2. Gráfico que muestra patrón dinámico de las ondas T vagotónicas (en la columna de la izquierda vemos la variación del voltaje de las ondas T medidos en mV) en los 14 deportistas durante las diferentes etapas de la ergometría.**



**Figura 3. Cambios dinámicos de las ondas T vagotónicas durante la ergoespirometría. En líneas discontinuas, se objetiva la morfología de las ondas T vagotónicas basales.**



Asimismo, aunque ambos grupos alcanzaron un consumo máximo de oxígeno y una carga de trabajo similares, el grupo de atletas que presentaban ondas T vagotónicas tiende a presentar una FC maximal menor que el resto de deportistas de nuestra serie (Tabla 5).

## Discusión

En este estudio, tras 5 años de seguimiento, ningún deportista ha tenido que cesar su actividad física lo que refuerza la banalidad de las alteraciones electrocardiográficas frecuentemente encontradas en esta población

La prevalencia de las ondas T vagotónicas en el ECG basal es de un 15% en nuestra serie, datos similares a la prevalencia reportada previamente en la literatura las diferentes series<sup>1</sup>.

Se describe la relación de las ondas T vagotónicas con la hipertonía vagal y su asociación con otros hallazgos electrocardiográficos típicos en el deportista. En nuestra serie, encontramos cierta asociación de las ondas T vagotónicas con la presencia de bradicardia sinusal, signos de hipertrofia ventricular, bloqueo AV de 1º grado, etc, sin alcanzar, sin embargo, la significación estadística. Además, se objetivó que los atletas con ondas T vagotónicas presentan con mayor frecuencia desviación del eje a la derecha, siendo ambos hallazgos relativamente frecuentes en la población deportista.

Sin embargo, no se objetivaron diferencias significativas en ambos grupos en relación a los hallazgos ecocardiográficos que son comunes en el "corazón de atleta" (dilatación de cavidades derechas, aumento de espesores parietales y/o dilatación de aurícula izquierda).

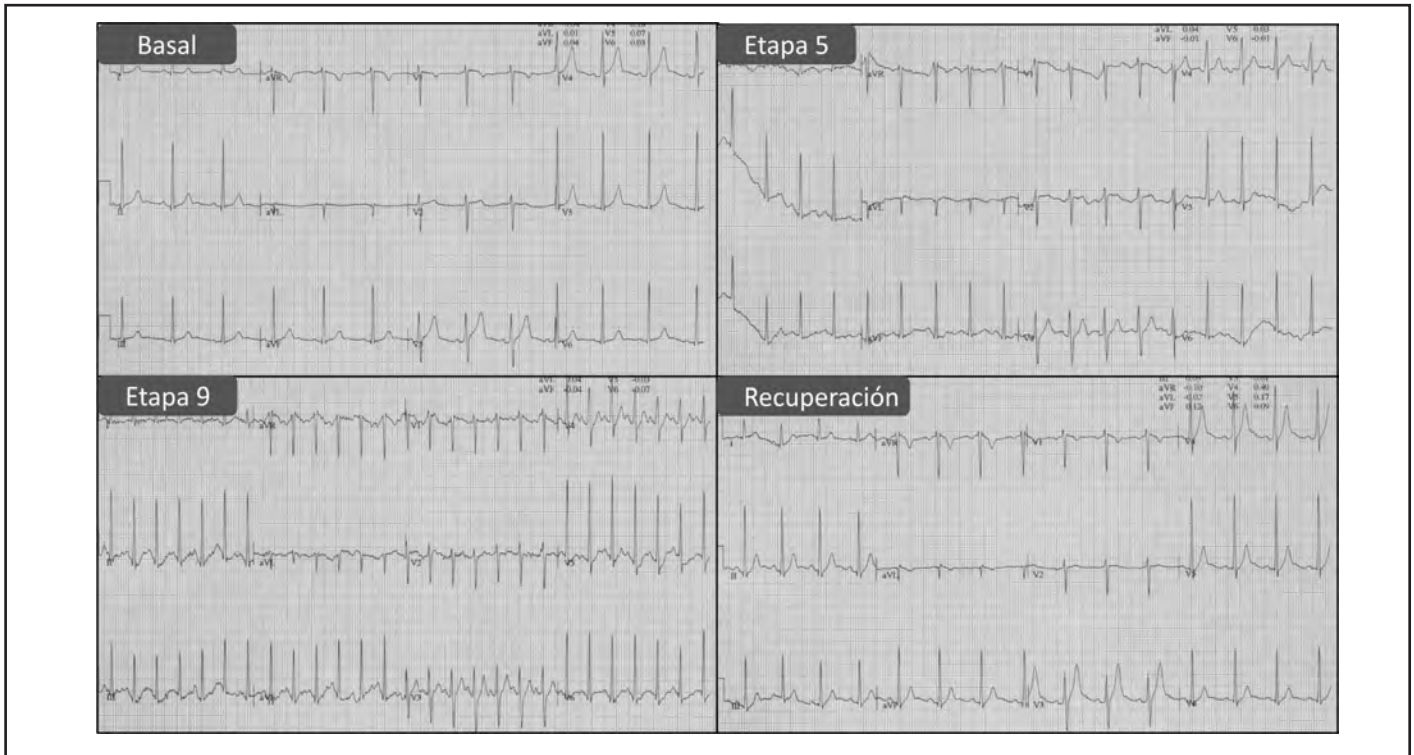
En las ergometrías realizadas, el grupo de atletas con ondas T vagotónicas tiende a presentar una FC maximal menor a pesar de alcanzar una carga de trabajo y consumo de oxígeno similares. Esto puede ser un hallazgo más que explicara el predominio del tono parasimpático en este grupo de deportistas.

En diferentes publicaciones, se describe la presencia de cambios electrocardiográficos, predominantemente de alteraciones de la repolarización; que son inducidos con el ejercicio y el aumento de la frecuencia cardíaca, como el acortamiento en el intervalo QTc y la corrección de la negatividad de la onda T<sup>6</sup>.

Se ha descrito clásicamente la desaparición de las ondas T vagotónicas en los años posteriores al cese de la actividad física de alto rendimiento<sup>7</sup>, reportándose de forma frecuente en la literatura que las alteraciones en la morfología de la onda T vagotónica se encuentran relacionadas con el grado de entrenamiento<sup>8</sup>. Sin embargo, existe hoy en día escasa información con respecto a los cambios dinámicos electrocardiográficos que se producen en los pacientes portadores de ondas T vagotónicas durante y tras un ejercicio protocolizado.

En este sentido, nuestro estudio muestra la existencia de un patrón dinámico de las ondas T vagotónicas que se repite de forma frecuente en los diferentes deportistas de nuestra serie, con desaparición progresiva de dichas ondas durante el esfuerzo, así como su reaparición posteriormente en etapas precoces de la recuperación. Esto se debe probablemente al aumento del estímulo adrenérgico durante las etapas sucesivas del ejercicio y la disminución secundaria de la hipertonía vagal. Al reaparecer el predominio del tono parasimpático, las ondas T

**Figura 4. Electrocardiograma de unos de los deportistas durante diferentes etapas de la prueba de esfuerzo. Obsérvese como se objetiva la desaparición progresiva de las ondas T vagotónicas durante el esfuerzo así como la corrección de las mismas en etapas precoces de la recuperación.**



vagotónicas vuelven a su morfología basal. La observación de su atenuación durante el ejercicio, así como su reaparición en la recuperación, ayudan a confirmar el carácter de variante fisiológica de adaptación del deportista que se le ha conferido clásicamente a este hallazgo.

En cuanto a las limitaciones de este estudio, se trata de un estudio descriptivo con un número limitado de deportistas que pertenecen a una misma disciplina deportiva.

En conclusión, estos hallazgos sugieren que las ondas T vagotónicas se relacionan con un predominio del tono parasimpático, presentando un comportamiento dinámico durante la actividad física. Estas ondas desaparecen en la mayoría de los casos con el ejercicio y reaparecen en estadios iniciales de la recuperación. En este sentido, el ejercicio puede considerarse una estrategia de gran utilidad a la hora de su estudio y estratificación.

## Bibliografía

1. Boraita A, Serratosa L. "El corazón del deportista": hallazgos electrocardiográficos más frecuentes. *Rev Esp Cardiol.* 1998;51:356-68.
2. Un Preßler, Halle M. ECG diagnostics in competitive athletes. Current implications for preparticipation screening. *Herz.* 2012;37(5):474-84.
3. Drezner J, Ackerman MJ, Anderson J, Ashley E, Asplund CA, Baggish AL, et al. Electrocardiographic interpretation in athletes: the 'Seattle Criteria'. *Br J Sports Med.* 2013;47:122-4.
4. Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, Sharma S, Link M, Basso C, et al. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J.* 2010;31:243-59.
5. Riding NR, Sheikh N, Adamuz C, Watt V, Farooq A, Whyte GP. Comparison of three current sets of electrocardiographic interpretation criteria for use in screening athletes. *Heart* 2014;0:1-7.
6. Elola J, Medina A, Macaya C, Bethencourt A. Miocardiopatía hipertrófica apical: variabilidad en la amplitud de la inversión de las ondas T y distribución de la masa ventricular izquierda. *Rev Esp Cardiol.* 1986;35:511-8.
7. Acebo RG, Shaffrath JD, Amsterdam EA. Electrocardiographic alterations associated with the hearts of athletes. *Sports Med.* 1998;25(3):139-48.
8. Bayés de Luna A, Furlanello F, Maron BJ, Serra Grima JR. *Electrocardiografía del deportista.* Cardiología Deportiva (Mosby / Doyma Libros, ed), 1992. p. 42-61.

# Relationship between left ventricular hypertrophy and somatotype of high performance athletes using structural equations modeling

Tomás J. Martínez-Cervantes, Lidia de Jesús Martínez- Martínez, Tomás J. Martínez- Martínez, Rosa M. Gisela Hernández-Suárez, Carlos Enrique Barrón Gámez, José Ángel Garza, Oscar Salas-Fraire<sup>1</sup>

Facultad de Medicina y Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González". Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.

**Recibido:** 11.04.2017

**Aceptado:** 31.07.2017

## Summary

**Introduction:** Sports induce morphological and functional adaptations in the human heart that directly relate to the type, duration and intensity of training and the years of practice. These changes are present in different ways in the electrocardiogram. A high QRS voltage is the most significant finding. Its correlation with left ventricular hypertrophy is low. In this study, the aim was to determine if a relationship exists between electrocardiographic alterations of left ventricular hypertrophy and somatotype in high performance athletes.

**Methods:** A retrospective, cross-sectional, quantitative, multiple correlation, observational and analytical study of a database of 180 resting electrocardiograms and anthropometric evaluations of men's soccer, women's soccer, swimming, cycling, basketball, and tennis athletes was performed. A database containing somatotype and Sokolow-Lyon electrocardiographic voltage criteria was created.

**Results:** The study group was composed of 83.3% men and 16.7% women. Age ranged from 10 to 51 years with a mean of  $19.73 \pm 5.8$ . Weight ranged from 35.90 to 122.3 kg with a mean of  $66.98 \pm 12.67$  and height ranged from 143 to 213 cm with a mean of  $174.11 \pm 10.29$  cm. Endomorphy for the entire group ranged from 1.0 to 5.7 with a mean of  $2.5 \pm 0.9$ . Mesomorphy ranged from 1.6 to 7.1 with a mean of  $4.2 \pm 0.95$ . Ectomorphy ranged from 1.1 to 5.8 with a mean of  $2.9 \pm 0.96$ . The structural equation model had a normal multivariable distribution of 3.161, reaching a Pearson of .26 for mesomorphy with a goodness of fit and a variance of 0% for mesomorphy and left ventricular hypertrophy.

**Conclusion:** Based on the findings, we can say that somatotype does not predict left ventricular hypertrophy in high performance athletes.

## Key words:

Endomorphy. Ectomorphy. Mesomorphy. Structural equation model. Cardiac sudden death.

## Relación entre la hipertrofia ventricular izquierda y el somatotipo en atletas de alto rendimiento utilizando modelamiento de ecuaciones estructurales

### Resumen

**Introducción:** Los deportes inducen adaptaciones morfológicas y funcionales en el corazón humano directamente relacionadas con el tipo, duración e intensidad del entrenamiento y los años de práctica. Estos cambios se manifiestan de diversas formas en el electrocardiograma. Un alto voltaje del QRS es el hallazgo más significativo. Su correlación con la hipertrofia ventricular izquierda es baja. En este estudio, el objetivo era determinar si existe una relación entre las alteraciones electrocardiográficas de hipertrofia ventricular izquierda y el somatotipo en deportistas de alto rendimiento.

**Métodos:** Se efectuó un estudio transversal, cuantitativo, observacional, analítico retrospectivo de correlación múltiple de una base de datos de 180 electrocardiogramas en reposo y antropometría de atletas de soccer varonil, soccer femenino, natación, basquetbol, ciclismo y tenis. Se creó una base de datos con el somatotipo y los criterios de voltaje electrocardiográfico de Sokolow-Lyon.

**Resultados:** El grupo de estudio estaba compuesto por 83,3% varones y 16,7% mujeres. El rango de edad fue de 10 a 51 años con una media de  $19,73 \pm 5,8$ . El peso varió de 35,90 a 122,3 kg con una media de  $66,98 \pm 12,67$  y la estatura varió de 143 a 213 cm con una media de  $174,11 \pm 10,29$  cm. Endomorfía para todo el grupo osciló entre 1,0 y 5,7 con una media de  $2,55 \pm 0,9$ . Mesomorfía varió de 1,6 a 7,1 con una media de  $4,2 \pm 0,95$ . Ectomorfía varió de 1,1 a 5,8 con una media de  $2,9 \pm 0,96$ . El modelo de ecuaciones estructurales tenía una distribución multivariable normal de 3.161, alcanzando un Pearson de 0,26 para mesomorfía con una bondad de ajuste y una varianza de 0% para mesomorfía e hipertrofia ventricular izquierda.

**Conclusiones:** En base a los hallazgos podemos decir que el somatotipo no predice hipertrofia ventricular izquierda en atletas de alto rendimiento.

## Palabras clave:

Endomorfía. Ectomorfía. Mesomorfía. Modelo de ecuaciones estructurales. Muerte súbita cardiaca.

**Correspondencia:** Tomás J. Martínez-Cervantes  
E-mail: tomas.martinezcr@uanl.edu.mx



## Introduction

Sports activity produces a series of morphological and functional adaptations in the human heart directly related to the type, duration, and intensity of the training and years of sports practice. These changes are seen in different ways in an electrocardiogram. A high QRS voltage is the most significant finding in male athletes. Its correlation with the presence of left ventricular hypertrophy is low<sup>1</sup>.

The athlete's heart has intrigued physicians and scientists for over a century. Initial investigations date back to the late 1800s and early 1900s where an enlarged heart and bradyarrhythmias were documented in individuals with maximum oxygen consumption ( $\text{VO}_2$ ) above normal, with no concomitant signs of cardiovascular disease<sup>2</sup>.

In Europe, in 1899, the Swedish physician Henschen, using only his physical examination skills of auscultation and percussion, showed increased cardiac dimensions in elite Nordic skiers<sup>3</sup>. Similar findings were made by Darling<sup>4</sup> of Harvard University in college rowers. Later, White<sup>5</sup> described sinus bradycardia at rest in long distance runners and other athletes.

Since then, numerous studies using new methods have confirmed that the athlete's heart has manifestations of chronic adaptations to endurance training. The concentric growth observed is the result of an increase in the size of the heart chambers and the thicknesses of their walls. These changes were called physiological cardiac remodeling by Kindermann<sup>6</sup>, Baggish and Wood<sup>7</sup> which refers to cardiac remodeling as a complex process influenced by multiple factors such as the athlete's age, gender, ethnicity, genetics, type of sport and body size<sup>8,9</sup>.

Even though these changes are observed mainly in adult athletes, adolescent athletes who practice endurance sports also present greater left ventricular growth than non-athletes of the same age as demonstrated by Sharma<sup>10</sup>.

Hypertrophic cardiomyopathy is a common cause of sudden death in apparently healthy athletes, and this condition is often a differential diagnosis with adaptive heart changes in athletes<sup>11</sup>. The importance of its early detection is one of the objectives of ergometric measurements, even if we do not yet have definitive diagnostic tests or gold standards as mentioned by Weinstock<sup>12</sup>. One of the most valid and reliable methods is the M-mode echocardiogram (ECHO) as reported by Devereaux *et al.*<sup>13</sup>, despite considering that magnetic resonance imaging (MRI) has more than twice the accuracy over ECHO and being a more precise and reliable method for measuring LVH<sup>14</sup>. Even though these methods are more sensitive and precise, their high cost and limited availability provide an obstacle for routine use. Although an ECHO is less precise than MRI, an electrocardiogram (ECG) can serve as a less expensive, practical, and widely available alternative for LVH screening.

The ECG has the potential to accurately distinguish between physiological and pathological hypertrophy, since ECG abnormalities in hypertrophic cardiomyopathy slightly overlap with ECG voltage changes. In patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM), pathological hypertrophy of the left ventricle (LV) is associated with additional criteria, not only left atrial voltage and dilation, but also left axis deviation, and T wave, ST segment and Q wave alterations<sup>15</sup>.

Kinanthropometry is a discipline that studies the size, shape and composition of the human body. Physical activity, nutrition, growth and

race, among other variables, can alter an individual's body composition<sup>16</sup>. For this, different measurements of size and proportions of the body are performed to determine body composition<sup>17</sup>. The Heath-Carter method is most frequently used to determine somatotype<sup>18</sup>.

Hense *et al.*<sup>19</sup> demonstrated the influence of body composition on the size of the adult heart. The MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis) study demonstrated a relationship between LV mass and end-diastolic volume with an increased body mass index, waist-to-hip ratio, waist circumference, and fat percentage; however, the ejection fraction showed no significant association with obesity measures<sup>20</sup>.

Guerra *et al.*<sup>21</sup> studied 380 patients with essential hypertension, obesity and/or overweight and metabolic syndrome who suffered a problem with adequate control of their blood pressure. This study found that hypertensive patients with metabolic syndrome had a higher BMI and also a higher mean arterial and systolic pressure as well as greater thickness of the septum and of the interventricular wall together with an ejection fraction smaller than that of those without metabolic syndrome.

It is necessary to know the electrocardiographic manifestations of the athlete's heart and determine if there is a direct relationship between the somatotype, the type of sport performed, and the electrocardiographic alterations of left ventricular hypertrophy. Therefore, the objective of this investigation was to determine if there is a relationship between electrocardiographic alterations related to left ventricular hypertrophy (LVH) and somatotype in high-performance athletes of various sports.

## Material and method

This was a retrospective, cross-sectional, quantitative, multiple correlation, observational and analytical study of a database of resting electrocardiograms and anthropometrics evaluated in the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation of men's soccer, women's soccer, swimming, cycling, basketball, and tennis athletes. Individuals with a history of previous heart disease and with electrocardiograms and anthropometric measures that were not legible were excluded from the evaluation. Athlete records that did not have anthropometry and/or an electrocardiogram were eliminated.

The measuring instrument for the dependent variable, left ventricular hypertrophy, was the electrocardiographic voltage criteria of the Sokolow-Lyon index for left ventricular hypertrophy<sup>22</sup>. These consist of the sum of the S wave in V1 and the R wave in V5 or V6  $\geq 3.5$  mV (35 mm) and/or an R wave in aVL  $\geq 1.1$  mV (11 mm).

To measure the independent variable, somatotype, measures of weight, height, skinfolds, girth and breadth were obtained using the restricted profile of anthropometric measures in accordance with the recommendations of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)<sup>23</sup>.

## Sample size

Structural models need large samples with more parameters to estimate those that work with larger samples (24). Some authors, such as Hu, Bentler, & Kano<sup>25</sup> and Schreiber, Nora, Stage, Barlow, and King<sup>26</sup>

propose as a basic rule the choice of 10 observations per indicator as a lower limit of sample sizes. Jackson<sup>27</sup> suggests a relation  $N:q, 20$  to  $1$  where  $N$  equals  $20$  and  $q$  is the number of parameters in the model. However, it is important to mention that no rule can be applied to all cases and adequate sample size depends on many factors, including the psychometric properties of the variables, the strength of the relationships between variables considered model size, and the distribution characteristics of the variables. In the present research, we used the criteria proposed by Jackson. In this case there are 8: Endo, Meso, Ecto and SV1, SV2, RV5, RV6, RaVL, multiplied by 20 equals 160 participants.

For the statistical analysis, SPSS version 21 for Windows (IBM Corp., Armonk, NY) was used. For structural equation modeling, Amos 21 was used to verify the relationships between observed and unobserved (latent) variables and test the hypothesis and confirm relationships. Diverse statistical tests were performed as part of a multivariate analysis: determination of Mardia's coefficient<sup>28</sup>, which seeks multivariate normality, considered one of the most common assumptions of the distribution of normality in multivariate analysis, analysis of the Mahalanobis distance<sup>29</sup>, multiple regression analysis, chi square analysis, and goodness of fit. The final sample consisted of 180 individuals.

Once the constructs were evaluated, SEM was used to quantify and test the validity of hypothetical assertions, possible interrelationships between constructs, and the relationship with evaluation measures (Figure 1).

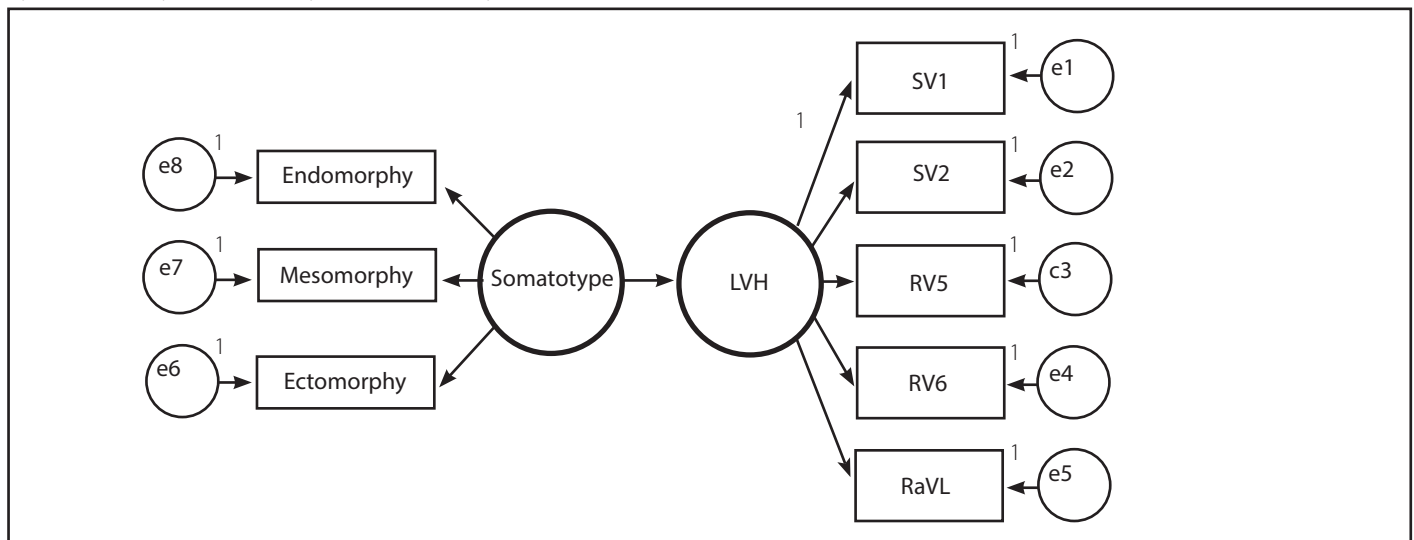
## Results

The study group was composed of 83.3% men and 16.7% women, with a mean Age  $19.73 \pm 5.8$ , weight ranged from 35.90 to 122.3 kg with a mean of  $66.98 \pm 12.67$  and height ranged from 143 to 213 cm with a mean of  $174.11 \pm 10.29$  cm.

Endomorphy of the entire group ranged from 1.0 to 5.7 with a mean of  $2.55 \pm 0.9$ . Mesomorphy ranged from 1.6 to 7.1 with a mean of  $4.2 \pm 0.95$ . Ectomorphy ranged from 1.1 to 5.8 with a mean of  $2.9 \pm 0.96$ . (Table 1).

Regarding left ventricular hypertrophy factors, S in V1 ranged from 0.0 to 25.0 mm with a mean of  $9.3 \pm 4.9$ ; S in V2, ranged from 0.0 to 38.0 mm with a mean of  $16.7 \pm 7.3$ ; R in V5 ranged from 1.5 to 32 mm with a mean of  $16.1 \pm 6.2$ ; R in V6 ranged from 1.5 to 30 mm,

**Figure 1. Proposed model to estimate LVH represented by SV1, SV2, RV5, RV6, RaVL, (endogenous variable) and Somatotype represented by endomorphy, mesomorphy and ectomorphy (exogenous variable), e (error).**



**Table 1. Demographic characteristics of the athletes.**

	Gender	Age, years	Body weight, kg	Height, cm	Endomorphy	Mesomorphy	Ectomorphy
Men N = 150	Mean	19.71	69.1645	176.257	2.416	4.387	2.986
	SD	5.912	12.30439	9.5152	.8557	.9036	.9525
Women N = 30	Mean	19.80	56.0667	163.397	3.207	3.530	2.830
	SD	5.242	8.14758	6.8107	.8741	.8272	1.0232
Total N = 180	Mean	19.73	66.9816	174.114	2.548	4.244	2.960
	SD	5.792	12.67829	10.2947	.9058	.9450	.9634

SD: standard deviation.

**Table 2. Somatotype by sport.**

	Sport	Endomorphy	Mesomorphy	Ectomorphy
Soccer N = 126	Mean	2.424	4.427	2.898
	SD	.8109	.8292	.8650
Cycling N = 5	Mean	3.720	4.200	2.220
	SD	1.0756	1.1000	.3834
Swimming N = 19	Mean	2.837	3.653	3.808
	SD	1.2868	1.0611	1.2640
Women's Soccer N = 18	Mean	3.106	3.522	2.600
	SD	.5846	.7256	.8007
Tennis N = 3	Mean	2.200	2.733	3.933
	SD	.8000	.9815	.7638
Basketball N = 9	Mean	2.022	4.911	2.844
	SD	.7345	.9239	1.0620
Total N = 180	Mean	2.548	4.244	2.960
	SD	.9058	.9450	.9634

SD: standard deviation.

**Table 3. Presence of left ventricular hypertrophy (LVH) by sport.**

Sport	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Soccer	61	74.4	74.4
Swimming	14	17.1	91.5
Women's Soccer	4	4.9	96.3
Basketball	2	2.4	98.8
Cycling	1	1.2	100.0
Total	82	100.0	

**Table 4. Presence of left ventricular hypertrophy (LVH) in athletes by age.**

Age, years	Frequency	Percent with LVH	Cumulative Percent
15	12	14.6	14.6
18	12	14.6	29.3
17	11	13.4	42.7
19	9	11.0	53.7
13	5	6.1	59.8
16	5	6.1	65.9
24	5	6.1	72.0
14	4	4.9	76.8
20	3	3.7	80.5
30	3	3.7	84.1
12	2	2.4	86.6
26	2	2.4	89.0
27	2	2.4	91.5
10	1	1.2	92.7
11	1	1.2	93.9
21	1	1.2	95.1
25	1	1.2	96.3
28	1	1.2	97.6
33	1	1.2	98.8
51	1	1.2	100.0
Total	82	100.0	

**Table 5. Regression Weights: (Group number 1 - Default model).**

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
LVH	<---	Meso	.263	.135	1.940	.052	par_3
SV1	<---	LVH	1.000				
RV5	<---	LVH	5.626	2.610	2.155	.031	par_1
RV6	<---	LVH	4.755	2.011	2.365	.018	par_2

SE: standard error; CR: critical ratio; P: bilateral asymptotic significance.

with a mean of  $13.2 \pm 4.7$ ; and R in aVL ranged from 0.0 to 5.0 mm with a mean of  $0.8 \pm 0.98$ .

The sports and mean somatotypes of the sample for a total of 180 individuals are shown in Table 2. Of these, 82 (46.6%) had voltage criteria for LVH. The distribution of LVH by sport and age are shown in Table 3 and Table 4 respectively.

In Table 5, in the column critical ratio, it is seen that the loads of the indicators are significant. After evaluating several models, both the endogenous variable LVH and the exogenous variable somatotype, through a confirmatory factor analysis for LVH with the 5 factors shown in Figure 1, R in aVL and S in V2 were eliminated and a correlation between two residues was introduced to improve fit. In addition, the model had to be restructured because somatotype was not coherent as a construct in this study (Figure 2). Of all the models, it was this one that presented the best fit to the data and with this the maximum likelihood estimation (MLE) was performed.

Regarding standardized regression weights, mesomorphy positively impacts LVH with a regression of 0.259. S in V1 in relation to LVH has a weighted regression of 0.197 with a positive correlation and low weight. R in V5 in relation to LVH has a weighted regression of 0.868. R in V6 in relation to LVH has a weighted regression of 0.961 with a positive correlation and high weight.

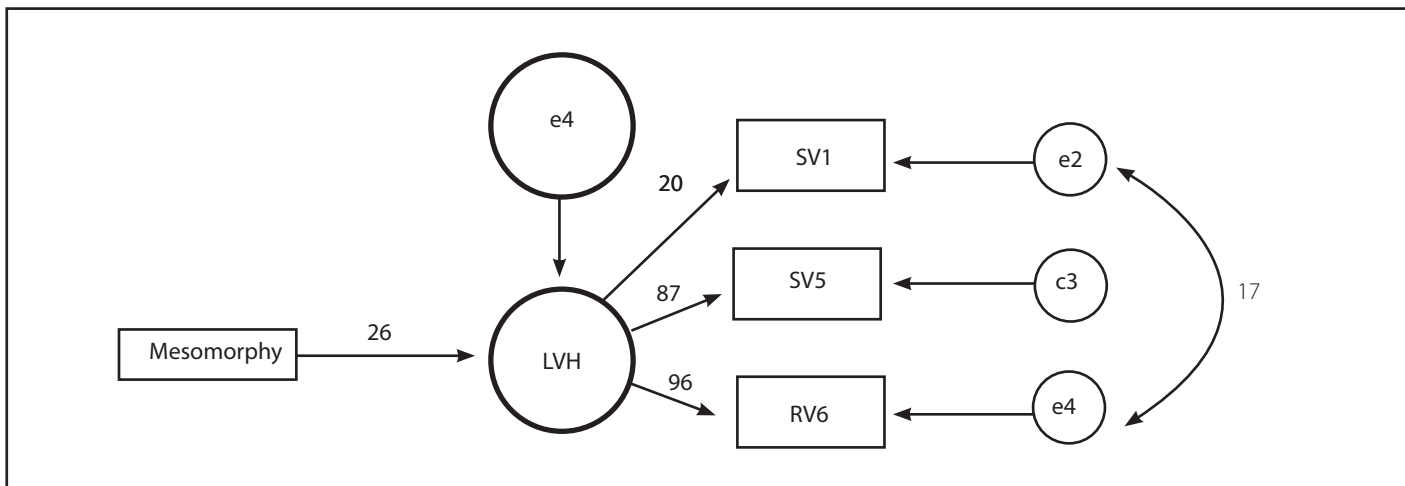
## Discussion

The somatotype and its components, endomorphy, mesomorphy and ectomorphy, were not congruent as a construct in this study. Mesomorphy was the component that presented a direct and proportional relationship with LVH, without this being a statistically significant factor in the prediction of LVH in the study participants. In fact, somatotype was the most problematic factor, since it not only showed low loadings which caused a loss of endomorphy and ectomorphy; therefore, we could not speak strictly of somatotype.

The dominant component of this group was mesomorphy since all participants were athletes. The somatotype category for the female athletes was mesomorph-endomorph, and for male athletes it was balanced mesomorph. In relation with the sport 73.6% of the swimmers, 48% of the men's soccer players, 22% of the women's soccer players, 22% of the basketball players and 20% of the cyclists had LVH; 50% of LVH cases were younger than 18 years old.

The structural model reported a normal multivariate distribution of 3.161. As for the structural relationship between the exogenous and endogenous variables, the model reached a Pearson of 0.26 for meso-

**Figure 2. Standardized regression weights: (Group number 1–Default model). The coefficient above each path is AMOS’s maximum likelihood estimate of the effect size.**



morphy. This is interpreted as a positive correlation of low weight with good goodness of fit and a proportion of explained variance of 0% for the relationship between mesomorphy and LVH indicating that no linear combination of the independent variables is a better predictor than the fixed mean of the dependent variable. The components that explained or diagnosed LVH were R in V5, 75.4%, and R in V6, 92.3%, while S in V1 only explained 6.9%.

As mentioned by Baggish and Wood and Escudero and Pinilla<sup>7,30</sup>, cardiac hypertrophy is a combination of genetic, physiological and environmental factors. The underlying molecular mechanisms that induce physiological or pathological responses are not yet fully elucidated.

Unlike patients with hypertension in which a high correlation with body composition, BMI, and waist-hip ratio is observed, athletes do not have this relationship<sup>19,21</sup>.

## Conclusion

Mesomorphy was the dominant component and the one related to LVH. Based on the findings in this study we can say that somatotype has no utility in predicting left ventricular hypertrophy in athletes. Since 50% of LVH cases were under 18 years of age, we are obliged to continue with the ECG for the detection and subsequent study of these athletes to prevent possible complications in the long or medium term.

## Acknowledgements

The authors thank Sergio Lozano-Rodriguez, M.D. for his help in translating and editing the manuscript.

## Bibliography

1. Drezner JA, Fischbach P, Froelicher V, Marek J, Pelliccia A, Prutkin JM, et al. Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med.* 2013;47(3):125-36.

2. Baggish AL, Wood MJ. Athlete’s heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation.* 2011;123(23):2723-35.
3. Marques J, Mendoza I, Mendoza-Britto I, Marques Mejias MA. El dilema de diferenciar el corazón de atleta de la miocardiopatía hipertrófica. *Avances Cardiol.* 2012;32(4):328-33.
4. Darling EA. The effects of training: a study of the Harvard University crews. *Boston Med Surg J.* 1899;141(10):229-33.
5. White PD. Bradycardia (below rate of 40) in athletes, especially in long distance runners. *JAMA.* 1942;120(8):642.
6. Kindermann W. Athlete’s Heart. In: Mooren FC, ed. *Encyclopedia of Exercise Medicine in Health and Disease.* Heidelberg: Springer Verlag GmbH; 2012:104-7.
7. Baggish AL, Wood MJ. Athlete’s heart and cardiovascular care of the athlete. *Circulation.* 2011;123(23):2723-35.
8. Baggish AL. Cardiac Variables in Professional Basketball Players: Looking Closely at the Normal Big Athlete (NBA). *JAMA cardiology.* 2016;1(1):87-8.
9. Engel DJ, Schwartz A, Homma S. Athletic Cardiac Remodeling in US Professional Basketball Players. *JAMA cardiology.* 2016;1(1):80-7.
10. Sharma S, Maron BJ, Whyte G, Firoozi S, Elliott PM, McKenna WJ. Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: relevance to differential diagnosis of athlete’s heart and hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2002;40(8):1431-6.
11. Maron BJ, McKenna WJ, Danielson GK, Kappenberger LJ, Kuhn HJ, Seidman CE, et al. American College of Cardiology/European Society of Cardiology Clinical Expert Consensus Document on Hypertrophic Cardiomyopathy: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Clinical Expert Consensus Documents and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2003;42(9):1687-713.
12. Weinstock J, Estes NM. The heart of an athlete: black, white, and shades of grey with no gold standard. *Circulation.* 2013;127(17):1757-9.
13. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol.* 1986;57(6):450-8.
14. Bottini PB, Carr AA, Prisant LM, Flickinger FW, Allison JD, Gottdiener JS. Magnetic resonance imaging compared to echocardiography to assess left ventricular mass in the hypertensive patient. *Am J Hypertens.* 1995;8(3):221-8.
15. Corrado D, Biffi A, Basso C, Pelliccia A, Thiene G. 12-lead ECG in the athlete: physiological versus pathological abnormalities. *Br J Sports Med.* 2009;43(9):669-76.
16. Martínez Sanz JM, Urdampilleta A, Mielgo Ayusa J. Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. *Eur J Hum Mov.* 2013;30:37-52.
17. Alvero Cruz J, Cabañas Armesilla M, Herrero de Lucas A, Martínez Rianza L, Moreno Pascual C, Porta Manzanedo J, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Arch Med Deporte.* 2009;26(131):166-79.

18. Sillero Quintana M. Teoría de Kineantropometría. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. 2005. <http://www.cafyd.com/doc1sillero05.pdf>. Accessed March 15, 2016.
19. Hense HW, Gneiting B, Muscholl M, Broeckel U, Kuch B, Doering A, et al. The associations of body size and body composition with left ventricular mass: impacts for indexation in adults. *J Am Coll Cardiol*. 1998;32(2):451-7.
20. Turkbey EB, McClelland RL, Kronmal RA, Burke GL, Bild DE, Tracy RP, et al. The impact of obesity on the left ventricle: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *JACC: Cardiovasc Imaging*. 2010;3(3):266-74.
21. Guerra F, Mancinelli L, Angelini L, Fortunati M, Rappelli A, Dessi-Fulgheri P, et al. The association of left ventricular hypertrophy with metabolic syndrome is dependent on body mass index in hypertensive overweight or obese patients. *PLoS One*. 2011;6(1):e16630.
22. Sokolow M, Lyon TP. The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am Heart J*. 1949;37(2):161-86.
23. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, Ridder JHD. *International Standards for Anthropometric Assessment Third ed*. New Zealand: Lower Hutt (ISAK); 2011. 17.
24. Kline RB. *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. Fourth ed: Guilford Press; 2016. 16.
25. Hu L-T, Bentler PM, Kano Y. Can test statistics in covariance structure analysis be trusted? *Psychological bulletin*. 1992;112(2):351-62.
26. Schreiber JB, Nora A, Stage FK, Barlow EA, King J. Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: A review. *J Educ Res*. 2006;99(6):323-38.
27. Jackson DL. Revisiting sample size and number of parameter estimates: Some support for the N: q hypothesis. *Structural Equation Modeling*. 2003;10(1):128-41.
28. Mardia KV. Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. *Biometrika*. 1970;57(3):519-30.
29. Escobedo Portillo MT, Plata Mendoza JAS, P. CH. Mahalanobis y las aplicaciones de su distancia estadística. *CULCyT*. 2008;27(5):13-20.
30. Escudero EM, Pinilla OA. Paradigmas y paradojas de la hipertrofia ventricular izquierda: desde el laboratorio de investigación a la consulta clínica. *Arch Cardiol Méx*. 2007;77(3):237-48.



# Evaluación de la resistencia aeróbica a través del tiempo límite medido en campo en ambos sexos

Gastón César García<sup>1</sup>, Jeremías David Secchi<sup>2,3</sup>, Carlos Rodolfo Arcuri<sup>4,5</sup>, Mauro Darío Santander<sup>6,7</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior de Formación Docente. Mercedes Tomasa de San Martín de Balcarce 9003. San Rafael, Mendoza, Argentina. <sup>2</sup>Universidad Adventista del Plata. Libertador San Martín. Entre Ríos. Argentina. <sup>3</sup>Departamento de Deportes. Municipalidad de Libertador San Martín. Entre Ríos. Argentina. <sup>4</sup>Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. <sup>5</sup>Subsecretaría de Deportes. GCBA. Argentina. <sup>6</sup>Subsecretaría de Deportes y Juventud de la Provincia de Neuquén. Argentina. <sup>7</sup>Instituto de Formación Superior (IFES). Neuquén. Argentina.

**Recibido:** 11.05.2017

**Aceptado:** 16.08.2017

## Resumen

**Introducción:** El propósito principal fue comparar la resistencia aeróbica entre los sexos a través del tiempo límite (T-Lim) y la distancia límite (D-Lim) medido en campo. En segundo lugar se analizó la relación entre la VFA y el T-Lim.

**Material y método:** 39 estudiantes de educación física (27 hombres y 12 mujeres) fueron medidos en 3 sesiones. En la primera sesión se registraron medidas antropométricas: talla de pie, masa corporal, perímetros y pliegues cutáneos. En la segunda sesión se evaluó el UNCa test. Este fue confeccionado recientemente para estimar la velocidad aeróbica máxima a partir de la velocidad final alcanzada (VFA). La VFA es definida como la velocidad alcanzada en la última etapa completa. En la última sesión, para medir el T-Lim los sujetos corrieron a la VFA en una pista de 400 m junto a una bicicleta previamente calibrada. La D-Lim es la cantidad total de metros recorridos durante la prueba de T-Lim. Las diferencias entre sexos fueron analizadas con la prueba T para muestras independientes. Las relaciones entre la VFA y el T-Lim fueron determinadas con el coeficiente de correlación de Pearson.

**Resultados:** La VFA en el UNCa test fue de  $14,8 \pm 1,4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y  $12,0 \pm 1,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  para hombres y mujeres respectivamente ( $p < 0,05$ ). El T-Lim fue de  $385,0 \pm 99,3$  y  $351,0 \pm 79,6$  segundos, sin diferencia significativas entre los grupos. La D-Lim fue de  $1589,5 \pm 485,7$  metros para los hombres y  $1175,7 \pm 304,4$  metros para las mujeres, siendo significativa la diferencia entre los grupos ( $p < 0,05$ ). Las correlaciones encontradas entre la VFA y el Tlim fue: para el grupo total  $r = 0,29$  ( $p > 0,035$ ), para los hombres  $r = 0,24$  ( $p > 0,112$ ) y para las mujeres  $r = 0,27$  ( $p > 0,196$ ).

**Conclusión:** En estudiantes de educación física no se encontraron diferencias significativas en el T-Lim entre hombres y mujeres. La baja correlación encontrada entre la VFA y el T-Lim nos lleva a concluir que ambos son indicadores de variables diferentes.

## Palabras clave:

Entrenamiento aeróbico.  
Resistencia aeróbica. Tiempo límite. Velocidad aeróbica máxima. Test de campo.

## Aerobic resistance evaluation through limited time measured in field in both sexes

### Summary

**Introduction:** The main objective of this paper was to compare the aerobic resistance in both sexes through the use of limited time (T-Lim) and the limit distance (D-Lim) measured in the field. In second place was to analyze the relationship between the VFA and the T-Lim.

**Material and methods:** 39 physical education students (27 men and 12 woman) were measured in 3 sessions. In the first session, anthropometric measurements were registered: size, body weight, perimeters and skin folds. In the second session the UNCa test was evaluated. This test was recently designed to estimate the maximum aerobic speed from the final speed reached (FSR). The FSR is defined as the speed reached in the last complete stage. In the last session, to measure the T-Lim the subjects ran to the endurance capacity in a track of 400 m next to a bicycle previously calibrated. The D-Limit refers to the total meters run during the T-Lim test. Differences between sexes were analyzed with the T test for independent samples. The relationships between FSR and T-Lim were determined using the Pearson correlation coefficient.

**Results:** In the UNCa test, FSR was  $14.8 \pm 1.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  and  $12.0 \pm 1.0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  for men and women respectively ( $p < 0.05$ ). The T-Lim was  $385.0 \pm 99.3$  and  $351.0 \pm 79.6$  seconds, without significant differences between groups. The D-Lim was  $1589.5 \pm 485.7$  meters for men and  $1175.7 \pm 304.4$  meters for women, being significant among groups ( $p < 0.05$ ). The correlations were: FSR and T-Lim;  $R = 0.29$  ( $p < 0.035$ ) for all the cases,  $r = 0.24$  ( $p < 0.112$ ) for males, and  $r = 0.27$  ( $p < 0.196$ ) for females.

**Conclusion:** In physical education students, no significant differences were found among men and women as regards T-lim. The low correlation found between VFA and T-Lim leads us to conclude that both indicators define different variables.

## Key words:

Aerobic training.  
Endurance capacity. Time limit. Maximal aerobics speed. Field test.

**Correspondencia:** Gastón César García  
E-mail: garciagaston@yahoo.com.ar

## Introducción

Tradicionalmente el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2\text{max}$ ) ha sido utilizado para estudiar el componente cardiorrespiratorio en diferentes poblaciones relacionadas a la salud y al deporte<sup>1</sup>. El  $VO_2\text{max}$  puede ser mejorado a partir de un programa de entrenamiento aeróbico tanto en hombres como en mujeres<sup>2</sup>. Estas mejoras dependen de múltiples factores: nivel del sujeto,  $VO_2\text{max}$  inicial, duración del entrenamiento (semanas, meses, años), carga de entrenamiento (intensidad, volumen de trabajo, frecuencia, densidad), sexo, edad, genética, entre otros<sup>3,4</sup>. Sin embargo, los incrementos en el  $VO_2\text{max}$  tienen un límite genético<sup>4,5</sup>, e incluso en sujetos altamente entrenados la marca deportiva mejora sin observar aumentos en el  $VO_2\text{max}$ <sup>6</sup>. Por este motivo es importante monitorear otras variables relacionadas al componente cardiorrespiratorio<sup>7</sup> como por ejemplo; la velocidad aeróbica máxima (VAM) y el tiempo límite (T-Lim).

El T-Lim es definido por Billat como la capacidad que tiene un sujeto de sostener el mayor tiempo posible un esfuerzo al 100% de la VAM. El interés por estudiar el T-Lim, radica en validar un criterio de resistencia aeróbica<sup>8</sup>. Este parámetro expresa la cantidad de trabajo efectuado en tiempo (segundos o minutos), y también en metros denominado distancia límite (D-Lim). Ambas variables (T-Lim y D-Lim) han mostrado tener una aceptable reproducibilidad mediante la prueba de test y retest ( $r=0,86$ ) y existe una gran variabilidad entre los sujetos, aun cuando el  $VO_2\text{max}$  y la VAM son similares<sup>9,10</sup>. De acuerdo a la revisión bibliográfica, el T-Lim medido en campo ronda en promedio entre los 5 y 7 minutos<sup>9-16</sup> independientemente de la VAM y del  $VO_2\text{max}$ , aunque este valor se mueve en un rango más amplio entre 3 a 10 minutos y en algunos casos hay registros superiores a este<sup>9</sup>.

Por otra parte, el T-Lim también tiene como objetivo establecer un marco de referencia para la elección de la duración del entrenamiento en el área o zona del  $VO_2\text{max}$ . De esta manera el entrenador puede individualizar los volúmenes de entrenamiento de forma más precisa, obteniendo mejoras en el  $VO_2\text{max}$ , en la VAM, en la capacidad aeróbica submáxima de alta intensidad, en el umbral anaeróbico y en la marca deportiva<sup>9,12-14</sup>.

En la bibliografía podemos encontrar dos estudios que midieron el T-Lim en hombres y mujeres<sup>15-16</sup>. Demarie *et al.*<sup>15</sup>, midieron el T-Lim en ambos sexos, aunque en la presentación de los resultados, mostraron valores promedios sin diferenciar los sexos. Bherthoin *et al.*<sup>16</sup>, realizaron comparaciones entre ambos sexos, sin embargo hay que aclarar que el estudio estuvo conformado por niños y adolescentes, en una muestra con edades entre los 6 a 17 años. Los autores encontraron diferencias en el T-Lim a partir de los 12 años en adelante hasta los 17 inclusive.

Varios estudios han comprobado diferencias entre hombres y mujeres midiendo de forma directa o indirecta el  $VO_2\text{max}$  y la VAM<sup>4,17-20</sup>, sin embargo se desconoce si esto mismo sucede con el T-Lim en adultos.

El propósito principal del presente estudio fue evaluar el T-Lim en campo para establecer diferencias en la capacidad de resistencia entre hombres y mujeres adultos jóvenes físicamente activos. El segundo propósito fue analizar la relación entre la VFA y el T-Lim.

## Material y método

Todas las evaluaciones fueron tomadas en horario de la mañana entre las 09.00 y 11.00 hs con dos horas de ayuno. Para estimar la VAM

se utilizó el UNCa test<sup>21</sup>, recientemente validado a través de la velocidad final alcanzada en campo (VFA). Las mediciones se realizaron en 3 sesiones. En la primera sesión se realizaron mediciones antropométricas. En la segunda sesión se midió en campo con el UNCa test. Las evaluaciones se realizaron en grupos de a 6 sujetos. En la tercera sesión se midió T-Lim agrupando a los sujetos por velocidades, independientemente del sexo, con un máximo de a 6 sujetos. Entre las 2º y 3º sesión hubo un descanso de 120 horas. En todas las evaluaciones, los sujetos utilizaron la misma vestimenta, incluyendo el calzado. Las evaluaciones fueron llevadas a cabo en campo sobre terreno de césped natural. Los sujetos no realizaron ejercicio 48 horas previas a las evaluaciones.

## Sujetos

Se evaluaron 39 sujetos voluntarios, estudiantes de educación física (27 hombres y 12 mujeres). Las características generales de la muestra se encuentran en la Tabla 1. Fueron excluidos del estudio: a) los menores de 18 años de edad, b) los sujetos con algún tipo de lesión neuromuscular y/o enfermedad cardiorrespiratoria, c) sujetos sin experiencia en las dos test de campo (UNCa test y T-Lim) y d) aquellos que realizaban menos de 1 hora de actividad física como mínimo 3 veces a la semana. Antes de firmar el consentimiento informado, los sujetos fueron notificados de forma verbal y por escrito acerca de los procedimientos, los beneficios y los riesgos de participar en este estudio.

## Procedimiento

*Antropometría:* Se midió, masa corporal, talla parado, 3 perímetros (brazo relajado, cintura mínima y pantorrilla máxima) y 3 pliegues cu-

**Tabla 1. Características del muestra, y variables medidas en campo.**

	Todos N= 39	Hombres N= 27	Mujeres N= 12
<b>Variables antropométricas e índices</b>			
Edad (años)	24,5 ± 6,4	25,4 ± 7,3	22,9 ± 4,1
Talla (m)	1,70 ± 0,08	1,76 ± 0,05	1,60 ± 0,07 <sup>#</sup>
Masa Corporal (Kg)	71,2 ± 11,2	77,6 ± 9,2	63,7 ± 8,2 <sup>#</sup>
PC Brazo (cm)	24,0 ± 17,6	27,4 ± 2,3	21,3 ± 3,4 <sup>#</sup>
PC Cintura (cm)	70,9 ± 7,7	75,9 ± 6,5	67,0 ± 6,2 <sup>#</sup>
PC Pantorrilla (cm)	32,3 ± 5,2	34,9 ± 2,3	30,4 ± 6,0 <sup>#</sup>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,6 ± 3,1	25,2 ± 2,8	23,9 ± 3,2
Σ 3 Pliegues (mm)	46,7 ± 17,6	36,5 ± 14,7	54,6 ± 15,8 <sup>#</sup>
<b>Variables de campo</b>			
VFA (km·h <sup>-1</sup> )	13,9 ± 1,8	14,8 ± 1,4	12,0 ± 1,0 <sup>#</sup>
T-Lim (s)	374,5 ± 94,0	385,0 ± 99,3	351,0 ± 79,6
D-Lim (m)	1462,2 ± 475,0	1589,5 ± 485,7	1175,7 ± 304,4 <sup>#</sup>

PC: perímetro corregido. IMC: índice de masa corporal. Σ: Sumatoria de 3 Pliegues (tricipital, abdominal y pantorrilla). VFA: velocidad final alcanzada en la última etapa completa del UNCa test. T-Lim: tiempo límite. D-Lim: distancia límite.

#  $p < 0,05$  diferencias significativas con respecto al grupo de los Hombres.

táneos (tricipital, abdominal y pantorrilla). Para la medición de pliegues cutáneos, se utilizó un plicómetro Slimguide de la línea Rosscraft y para los perímetros una cinta de metal Lukfin. Las mediciones y los cálculos del índice de masa corporal y perímetros corregidos, fueron llevadas a cabo, según las normas de la ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría)<sup>22</sup>.

**UNCa Test:** Los sujetos corren sobre el perímetro de un hexágono. Cada lado del hexágono, tiene una distancia de 20 metros (Figura 1). La angulación de los lados es de 120°. La velocidad es impuesta por una señal sonora. En cada vértice del hexágono hay una zona de 2 metros en la cual el sujeto se deberá encontrar al momento de escucha el beep sonoro del test (Figura 1). La velocidad inicial del test es de 8,0 km·h<sup>-1</sup>, y la etapa dura 3 minutos. Luego se incrementa a 10,0 km·h<sup>-1</sup>, durante 2 minutos. El objetivo de estas primeras dos etapas es estandarizar una entrada en calor específica. Sin interrupción, a partir de aquí, la velocidad se incrementa a razón de 1 km·h<sup>-1</sup> cada 1 minuto, hasta la fatiga.

Debido a que no se utilizó un analizador de gases portátil, se monitoreo la Velocidad Final alcanzada en la última etapa completa (VFA) como se recomienda en la bibliografía<sup>23</sup>.

El audio fue descargado desde el siguiente link; <http://g-se.com/es/entrenamiento-en-rugby/blog/audio-del-unca-test><sup>24</sup>.

**Tiempo Límite (T-Lim).** Se utilizó una pista de atletismo de 400 metros. Para controlar la velocidad de los sujetos, se utilizó una bicicleta con un velocímetro digital. El mismo, fue calibrado como explicita el manual; se deben cargar en el dispositivo las medidas del perímetro de la cubierta y la longitud del radio. Además como segundo método de calibración, se comparó la velocidad que registraba el velocímetro con la determinada por el audio del UNCa test, en una distancia de 100 metros, con conos cada 20 metros. La entrada en calor consistió en 10 minutos al 60% de la VFA del UNCa test. Luego se realizó una pausa activa de 10 minutos, para movilidad articular, flexibilidad e hidratación. Seguidamente el corredor, inicia la carrera al costado de la bicicleta situándose siempre entre la primer y segunda rueda de la bicicleta, y corriendo siempre por el carril interno de la pista de atletismo. Una vez que se alcanza la velocidad correspondiente al 100% VFA del UNCa test, se inicia el cronómetro, y se sostiene la mayor cantidad de tiempo posible. El test termina, cuando el sujeto, no puede mantener la velocidad impuesta por la bicicleta (situándose entre la primer y segunda rueda de la bicicleta) o cuando el sujeto se detiene por alcanzar la fatiga. Esta forma de medir T-Lim en campo esta descrita en la bibliografía<sup>11</sup>.

**Distancia Límite (D-Lim).** Es la cantidad de metros recorridos durante la prueba de T-Lim.

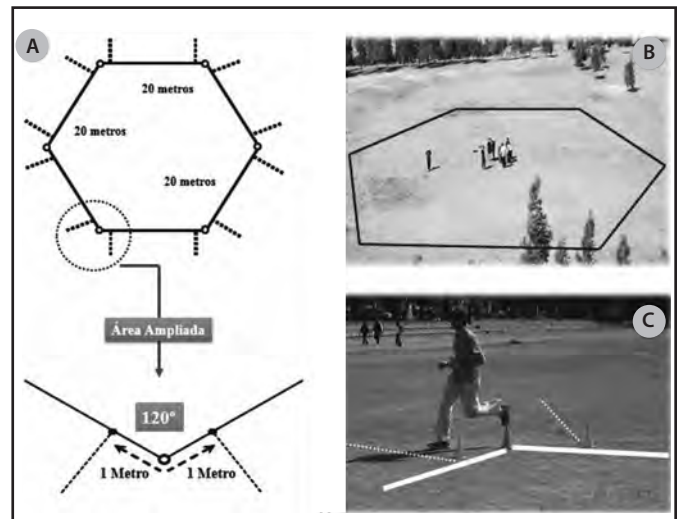
La distancia se obtiene multiplicando la duración del tiempo límite en segundos, por la velocidad expresada en metros por segundos.

$$D-Lim = T-Lim (s) \cdot Vel (m \cdot s^{-1})$$

## Análisis estadístico

Los datos fueron presentados en valor promedio y desvío estándar a menos que se especifique lo contrario. Estos fueron analizados usando el paquete estadístico (SPSS) 18.0. Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el test de Levene para corroborar la presencia de normalidad y homocedasticidad en la muestra de estudio. Luego de corroborar la normalidad de los datos se utilizó la prueba T para muestras indepen-

**Figura 1. Test UNCa; a) diseño gráfico del hexágono y uno de sus vértices ampliado. b) Fotografía Aérea del Hexágono. c) Uno de los vértices hexagonales.**



dientes para determinar diferencias estadísticamente significativas entre sexos en la VFA, T-Lim y D-Lim y otras variables descriptivas. La relación entre el T-Lim, D-Lim y VFA fueron calculadas usando el coeficiente de correlación de Pearson, utilizando el siguiente criterio: 0.1 muy baja; 0.1-0.3, baja; 0.3-0.5, moderada; 0.5-0.7, buena; 0.7-0.9, muy buena; y 0.9-1.0, perfecta<sup>25</sup>. En todos los casos se aceptó un nivel alfa  $p < 0,05$ .

## Resultados

En la Tabla 1, se describen las características de la muestra, y los valores obtenidos en campo. En el grupo de los hombres, el rango de la VFA fue entre 13 y 18 km·h<sup>-1</sup>, para el T-Lim, entre 213,0 a 661,0 segundos, y para la D-Lim entre 828,3 a 3121,0 metros. En el grupo de las mujeres, el rango de la VFA fue entre 10 y 14 km·h<sup>-1</sup>, para el T-Lim, entre 237,0 a 523,0 segundos, y para la D-Lim entre 769,4 a 1743,3 metros.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre sexos, en todas las variables medidas, excepto en la edad, el índice de masa corporal, y el T-Lim (Tabla 1).

Las correlaciones encontrada entre la VFA y el T-Lim fue; para todos los casos  $r = 0,29$  ( $p > 0,035$ ), para el grupo de los hombres  $r = 0,24$  ( $p < 0,112$ ) y para las mujeres  $r = 0,27$  ( $p < 0,196$ ). Las correlaciones encontrada entre la VFA y la D-Lim fue: para todos los casos  $r = 0,64$  ( $p < 0,001$ ), para los hombres  $r = 0,53$  ( $p < 0,002$ ) y para las mujeres  $r = 0,56$  ( $p < 0,027$ ). Las correlaciones encontrada entre el T-Lim y la D-Lim fue; para todos los casos  $r = 0,92$  ( $p < 0,001$ ), para los hombres  $r = 0,95$  ( $p < 0,001$ ) y para las mujeres  $r = 0,95$  ( $p < 0,001$ ). Esta alta correlación se debe a que la D-Lim es dependiente del T-Lim; cuanto más tiempo sostuvieron la carrera, mayor fue la distancia obtenida, independientemente de la VFA que tuviesen.

En la Figura 2 se pueden apreciar los valores individuales de la VFA y T-Lim. Varios sujetos comparten la misma VFA, pero difieren en el T-Lim. Esto también se puede observar en la Figura 3 entre la D-Lim y la VFA.

Figura 2. Valores individuales entre el T-Lim y la VFA.

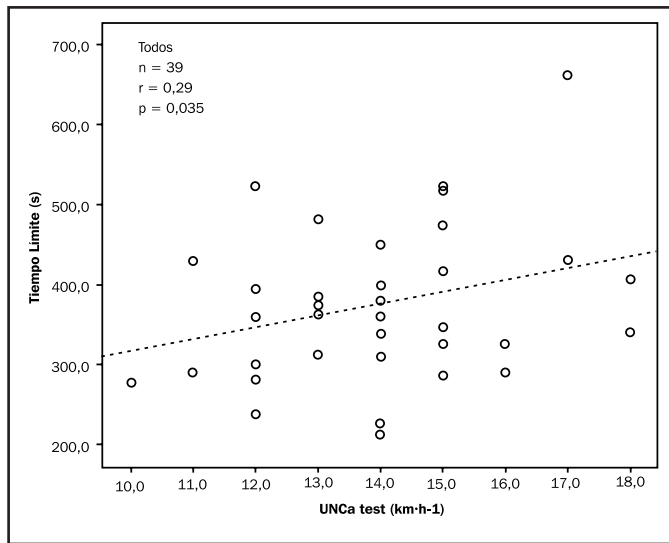


Figura 3. Valores individuales entre el D-Lim y la VFA.

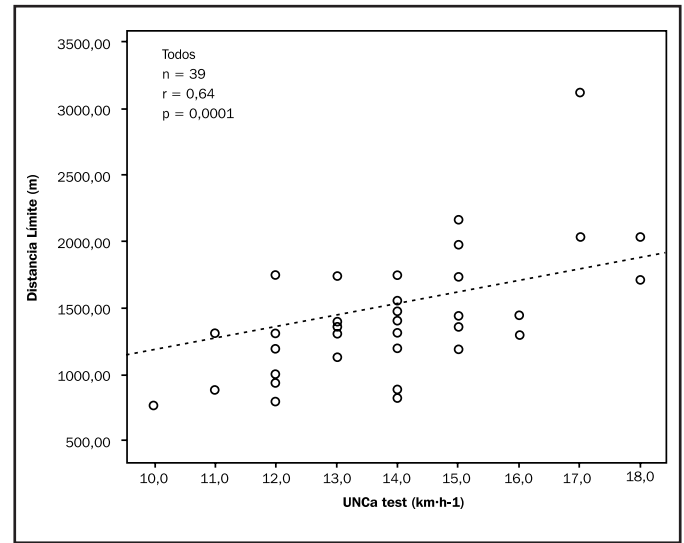


Tabla 2. Resumen de los trabajos de investigación que midieron el tiempo límite en campo utilizando la VFA o la VAM.

Autor	n=	Sexo	VAM (km·h <sup>-1</sup> )	VFA (km·h <sup>-1</sup> )	Protocolo de Evaluación	Tlim (s)
Billat V. et al. <sup>9</sup>	10	H	21,6 ± 1,2	-	3 min * 1 km·h <sup>-1</sup>	371,0 ± 120
Billat V. et al. <sup>11</sup>	7	H	-	20,1 ± 0,7	2 min * 1 km·h <sup>-1</sup>	355,0 ± 55
Kachouri M. et al. <sup>28</sup>	14	H	-	17,8 ± 1,5	2 min * 1 km·h <sup>-1</sup>	483,0 ± 213,0
Berthoin S. et al. <sup>29</sup>	74	H	-	14,1 ± 1,6	2 min * 1 km·h <sup>-1</sup>	365 ± 102
Billat V. et al. <sup>30</sup>	65	M	-	11,4 ± 1,1	2 min * 1 km·h <sup>-1</sup>	325 ± 93
					4 min * 2 km·h <sup>-1</sup> (1 min pausa)	333,0 ± 116
Demarie et al. <sup>31</sup>	15	H-M	16,6 ± 1,1	-	3 min * 1 km·h <sup>-1</sup> (20 s. pausa)	307,0 ± 183
					1 min * 0,5 km·h <sup>-1</sup>	235,6 ± 49,2
Millet G. et al. <sup>10</sup>	8	H	19,9 ± 0,9	-	1 min * 0,5 km·h <sup>-1</sup>	243,7 ± 39,5
Millet G. et al. <sup>32</sup>	7	H	19,8 ± 0,9	-	1 min * 0,5 km·h <sup>-1</sup>	243,7 ± 39,5
Heurbert et al. <sup>33</sup>	8	H	16,1 ± 1,4	-	1 min * 3 km·h <sup>-1</sup>	373 ± 111
Dupont G. et al. <sup>34</sup>	10	H	17,5 ± 1,3	-	2 min * 2 km·h <sup>-1</sup>	350,3 ± 68,5
Dupont G. et al. <sup>35</sup>	9	H	16,7 ± 1,3	-	1 min * 1,5 km·h <sup>-1</sup>	362,0 ± 109,0
Chtarra et al. <sup>36</sup>	10	H	-	16,1 ± 1,1	1 min * 0,5 km·h <sup>-1</sup>	312,2 ± 68
						280,9 ± 55
						274,9 ± 63
						312,7 ± 57
						253,9 ± 51
Chaouachi et al. <sup>37</sup>	41		-	16,2 ± 1,0	1 min * 0,5 km·h <sup>-1</sup>	307,2 ± 79,5
Presente	27	H	-	14,8 ± 1,4	1 min * 1 km·h <sup>-1</sup>	385,0 ± 99,3
Trabajo	12	M	-	12,0 ± 1,0	1 min * 1 km·h <sup>-1</sup>	351,0 ± 79,6

VAM: velocidad aeróbica máxima. VFA: velocidad final alcanzada. TLim: tiempo límite. s: segundos. H: hombres. M: mujeres. min: minutos.

## Discusión

El propósito principal del presente trabajo fue estudiar las diferencias entre sexos en la capacidad de resistencia a través del T-Lim

evaluado en campo en adultos jóvenes físicamente activos. Los resultados mostraron que no existen diferencias en el T-Lim entre hombres y mujeres en una muestra de estudiantes de educación física. Sin embargo, debido a una mayor VFA registrada en los varones fue de esperar que

la D-Lim fuera superior en este grupo. Las bajas correlaciones entre el T-Lim y la VFA parecerían indicar que existe una relación muy pobre entre estas dos variables del rendimiento aeróbico. Este aspecto deja en claro que los sujetos que alcanzan las velocidades más altas no son siempre los sujetos que mayor tiempo pueden mantener o sostener esas velocidades.

De acuerdo a la bibliografía, son escasos los trabajos de investigación que contemplaron al sexo femenino. Esto se puede observar en la Tabla 2. En la misma se detallan solo los trabajos de investigación que midieron T-Lim en campo, quedando excluidos los de cinta, debido a que la VAM y/o la VFA puede ser alterada por el tipo de protocolo y el lugar donde fue medida (campo o cinta)<sup>11,21,26,27</sup>. En la Tabla 2 también se puede observar cómo localizó la velocidad en los diferentes estudios; la VAM de forma directa (analyzer de gases) o la utilización de un test indirecto para estimar la VAM a través de la VFA.

Los valores de T-Lim registrados en el presente estudio fueron similares a los reportados en la Tabla 2. Sin embargo las velocidades de carrera (VAM o VFA) fueron sensiblemente más bajas. Estas diferencias pueden ser atribuidas al tipo de muestra empleada que en la mayoría de los casos eran sujetos entrenados y altamente entrenados. En el único trabajo que se observaron velocidades similares a nuestro estudio, fue el de Berthoin *et al*, sin embargo cabe aclarar que la muestra empleada estuvo constituida por adolescentes de 17 años de edad<sup>16</sup>.

Al analizar y comparar el rendimiento físico de nuestros sujetos con los demás estudios notamos diferencias y similitudes en cuanto a dos aspectos del rendimiento aeróbico; por un lado, la "potencia aeróbica" en este caso determinada por la velocidad de carrera y por el otro la "capacidad aeróbica" que tiene que ver con la condición o habilidad para sostener en forma continua hasta la fatiga la velocidad final alcanzada en el test, representada por el T-Lim.

Por lo cual, las diferencias más apreciables son en torno a la velocidad y no la duración del T-Lim. En otras palabras podemos decir, que nuestros sujetos difieren de los demás estudios cuando comparamos la potencia aeróbica expresada en velocidad, mientras que se pueden observar valores similares cuando comparamos la capacidad aeróbica expresado en tiempo.

Otros de los puntos discutibles giran en torno a la aplicabilidad del T-Lim en el entrenamiento aeróbico. Si el interés es estresar el componente cardiorrespiratorio en el área del  $VO_2\max$ , Billat propone que la repetición debe representar el 60% de la duración del T-Lim<sup>8</sup>. Esto quiere decir que si un sujeto sostuvo 200 segundos la carrera durante el T-Lim, la repetición de entrenamiento debe durar 120 segundos. Este es un interesante concepto para los entrenadores y preparadores físicos. Tanto en los deportes continuos como en los de tipo intermitente, los volúmenes recorridos a intensidades altas de la VAM o VFA son los que definen el calibre del deportista; un corredor de fondo que puede sostener un ritmo de carrera cercano al máximo aeróbico durante la distancia de competencia es un indicador de éxito.

Del mismo modo que un futbolista o jugador de rugby con un volumen total a alta intensidad, aun cuando cada repetición no implique más de 30 metros, son indicadores de éxito en su disciplina. Por lo cual esta propuesta no debería ser pasada por alto.

Para comprender mejor la propuesta de Billat, en la Tabla 3 hemos tomado tres casos masculinos de nuestro estudio que obtuvieron la misma VFA; 15  $km\cdot h^{-1}$ .

**Tabla 3. Ejemplificación del armado de una repetición a partir de la duración del tiempo límite en 3 sujetos masculinos, con la misma VFA.**

Sujeto	VFA ( $km\cdot h^{-1}$ )	Tlim (s)	DLim (m)	Repetición (m)	(60% Tlim) (s)
2	15	416	1733,3	1040	250
3	15	521	2170,8	1302	313
17	15	326	1358,3	815	196

s: segundos. m: metros.

Los tres sujetos tienen la misma VFA de campo (15  $km\cdot h^{-1}$ ), pero difieren en el T-Lim. El sujeto 2, logro sostener la carrera 90 segundos más (27%), comparado con el sujeto 17, pero 105 segundos menos que el sujeto 3 (-25%). Por otro lado el sujeto 3 logro sostener la carrera 195 segundos más comparada con el sujeto 17 (60%). Debido a esta variabilidad, Billat propone confeccionar la carrera según la duración del T-Lim. Como se observa en la Tabla 3, a cada sujeto le corresponde una distancia personal de entrenamiento. Si esta propuesta, la comparamos con otra como por ejemplo 10 repeticiones de 400 metros, podemos decir que solamente se confeccionó el entrenamiento teniendo en cuenta la velocidad de carrera y no la capacidad de resistencia. Por lo cual la propuesta de Billat debería ser tenida en cuenta ya que permite individualizar la carga de trabajo de manera más específica, especialmente aquellas carreras de alta intensidad (área del  $VO_2\max$ ). Además también le proporciona al preparador físico, otra modalidad de trabajo generando diversidad en el entrenamiento aeróbico.

A partir de la propuesta de Billat, otros autores han llevado a cabo diferentes alternativas. Millet *et al*, utilizaron la duración total del T-Lim para confeccionar carreras de tipo continuo variable<sup>10</sup>. Esfarjani *et al*, también confeccionaron 2 modalidades de trabajo, a partir del T-Lim, con intensidades entre el 100 y 130% de la VAM. Luego de 10 semanas de entrenamiento, observaron mejoras en la VAM, la velocidad umbral, la marca deportiva (3000 metros) y el T-Lim<sup>14</sup>. Smith *et al*, compararon los efectos del entrenamiento entre 2 grupos utilizando 2 propuestas de trabajo; un grupo confeccionó la repetición utilizando el 60% del T-Lim, mientras que el otro grupo utilizó el 70%, siendo este último el que obtuvo mayores mejoras<sup>12</sup>. Heubert *et al*, utilizaron diferentes porcentajes del T-Lim para confeccionar la repetición de trabajo (25%, 50% y 75%) variando la intensidad en un rango entre el 90 y 115% de la VAM<sup>13</sup>.

Las diferentes propuestas citadas en el párrafo anterior, comprueban que el T-Lim, es un criterio válido para establecer volúmenes de trabajos individuales, en el área del  $VO_2\max$ , por lo cual los entrenadores no deberían descartar esta propuesta en los entrenamientos aeróbicos, además de medir la capacidad de resistencia junto con otras variables relacionadas a la potencia aeróbica ( $VO_2\max$  y VAM).

A partir de los resultados obtenidos se concluye que para la muestra analizada el T-Lim no fue diferente entre sexos y la correlación entre la VFA y T-Lim fue baja. Por otro lado, se pudo observar una gran variabilidad en el T-Lim entre sujetos con una misma VFA. Esto señala que el T-Lim es un indicador importante para individualizar los volúmenes de entrenamiento de una sesión. Sería importante replicar este estudio en poblaciones deportivas para observar si esta diferencia se mantiene entre hombres y mujeres.



## Aplicaciones prácticas

El T-Lim puede ser utilizado para medir la capacidad de resistencia aeróbica entre sujetos, y también para fraccionar cargas de trabajo buscando diversidad en el entrenamiento aeróbico en el área del  $\text{VO}_2\text{max}$ . Si bien puede tomarse como una limitación la metodología indirecta, es la que usan la gran mayoría de entrenadores y preparadores físicos para dosificar las cargas del entrenamiento. De ahí su utilidad.

## Agradecimientos

A los alumnos que amablemente participaron en el estudio.

## Bibliografía

- Astrand PO. Quantification of exercise capability and evaluation of physical capacity in mans. *Prog Cardiovasc Dis*. 1976;1:51-67.
- Lortie G, Simoneau JA, Hamel P, Boulay MR, Bouchard C. Responses of maximal aerobic power and capacity to aerobic training. *Int J Sports Med*. 1984;5:232-6.
- Bouchard C, Lesage R, Lortie G, Simoneau JA, Hamel P, Boulay MR, et al. Aerobic performance in Brothers; dizygotic, and monozygotic twins. *Med Sci Sports Exerc*. 1986; 6:639-46.
- Bassett DR, Howley ET. Maximal oxygen uptake: Classical versus contemporary viewpoints. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29:591-603.
- Hill, A. V. Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Q J Med*. 1923;16:135-71.
- Jones AM. A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br J Sports Med* 1998;32:39-43.
- Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*. 2000;29:373-86.
- Billat V. Entrenamiento Deportivo. En: *Fisiología y Metodología del Entrenamiento*. Editor: Paidotribo. Barcelona; 2002; pp. 141-50.
- Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Reproducibility of running time to exhaustion at  $\text{VO}_2\text{max}$  in subelite runners. *Arch Int Physiol Biochim Biophys*. 1994; 102:215-9.
- Millet GP, Candau R, Fattori P, Bignet F, Varray A.  $\text{VO}_2$  responses to different intermittent runs at velocity associated with  $\text{VO}_2\text{max}$ . *Can J Appl Physiol*. 2003;28:410-23.
- Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B and Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at  $\text{VO}_2\text{max}$  and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem*. 1996; 104:313-21.
- Heubert R1, Bocquet V, Koralsztein JP, Billat V. Effect of 4 weeks of training on the limit time at  $\text{VO}_2\text{max}$ . *Can J Appl Physiol*. 2003;28:717-36.
- Smith TP; Coombes JS; Geraghty DP. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal  $\text{O}_2$  uptake and the time for which this can be maintained. *European Journal of Applied Physiology*. 2003;89:337-43.
- Esfarjani F, Laursen P. Manipulating high-intensity interval training: Effects on  $\text{VO}_2\text{max}$ , the lactate threshold and 3000m running performance in moderately trained males. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007;10:27-35.
- Demarie S, Koralsztein JP, Billat V. Time Limit and time  $\text{VO}_2\text{max}$  during a continuous and intermittent run. *J.Sports Med.Phys.Fitness* 2000;40:96-102.
- Berthoin S, Baquet G, Manteca F, Lenseil-Corbeil G, Gerbeaux M. Maximal Aerobic Speed and Running Time to exhaustion for children 6 to 17 years old. *Ped Exerc Science* 1996; 8:234-44.
- Lacour JR, Padilla S, Arsac L, Chatard JC, Barthélémy JC. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;62:77-82.
- García GC., Secchi JD., Cappa DF. Comparison of the maximal oxygen uptake predictive using different incremental field test: UMTT, VAM-EVAL and 20m-SRT. *Arc Med Deporte*, 2013;30:156-62.
- Secchi JD, García GC. Cardiorespiratory fitness and cardiometabolic risk in young adults. *Rev Esp Salud Pública*. 2013;87:35-48.
- García GC., Secchi JD, Arcuri CR. Comparison of the reached speeds between two test of field of similar characteristic: VAM-EVAL and UMTT. *Rev Andal Med Deporte*. 2014;7: 74-80.
- Cappa DF, García GC, Secchi JD, Maddigan ME Relationship Between the Maximal Aerobic Speed of Laboratory and the Final Speed Reached in a Field Test, with Same Protocols UNCa Test. *Journal Medicine Sport and Physical Fitness*. 2014;54:424-431.
- Steward L., Marfell-Jones M. *International Standards for Anthropometric Assessment*. International society for the advancement of kinanthropometry (ISAK). Editor: International Society for the Advancement of Kinanthropometry, New Zealand, 2011.
- García GC, Secchi JD. Relationship between the final speeds reached in the 20 metre Course Navette and the VAM-EVAL test. A proposal to predict the maximal aerobic. *Apunts Med Esport*. 2013;48:27-34.
- García GC. Audio del UNCa test. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Catamarca. 2007. [Access: Marzo 13, 2017]. Available in: <https://g-se.com/es/entrenamiento-en-rugby/blog/audio-del-unca-test>.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:3-13.
- Flouris AD, Koutedakis Y, Nevill A, Metsios GS, Tsiotra G, Parasiris Y. Enhancing specificity in youth-design for the assessment of bioenergetics. *J Sci Med Sport*. 2004; 7:197-204.
- García GC, Secchi JD, Arcuri CR. Relación entre las velocidades finales alcanzadas en los test UMTT y UNCa en sujetos masculinos. *Apunts Med Esport*. 2016;51:48-54.
- Kachouri M1, Vandewalle H, Huet M, Thomaidis M, Jousselin E, Monod H. Is the exhaustion time at maximal aerobic speed an index of aerobic endurance? *Arch Physiol Biochem*. 1996;104:330-6.
- Berthoin S., Gerbeaux M., Guerrin F., Lenseil-Corbeil G., Vandendorpe F. Estimation de la VMA. *Science & Sports*. 1992;7:85-91.
- Billat VL, Blondel N, Berthoin S. Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;80:159-61.
- Demarie S, Koralsztein JP, Billat V. Time limit and time at  $\text{VO}_2\text{max}$  during a continuous and an intermittent run. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40:96-102.
- Millet GP, Libicz S, Borrani F, Fattori P, Bignet F, Candau R. Effects of increased intensity of intermittent training in runners with differing  $\text{VO}_2$  kinetics. *Eur J Appl Physiol*. 2003; 90:50-7.
- Heubert Heubert R, Bocquet V, Koralsztein JP, Billat V. Effect of 4 weeks of training on the limit time at  $\text{VO}_2\text{max}$ . *Can J Appl Physiol*. 2003;28:717-36.
- Dupont G, Blondel N, Berthoin S. Time spent at  $\text{VO}_2\text{max}$ : a methodological issue. *Int J Sports Med*. 2003;24:291-7.
- Dupont G, Blondel N, Lenseil G, Berthoin S. Critical velocity and time spent at a high level of  $\text{VO}_2$  for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Can J Appl Physiol*. 2002;27:103-15.
- Chtara M, Chamari K, Chaouachi M, Chaouachi A, Koubaa D, Feki Y, et al. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br J Sports Med*. 2005;39:555-60.
- Chaouachi M, Chaouachi A, Chamari K, Chtara M, Feki Y, Amri M, et al. Effects of dominant somatotype on aerobic capacity trainability. *Br J Sports Med*. 2005;39:954-9.

## Espíritu **UCAM** Espíritu Universitario

**Miguel Ángel López**

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



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

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

# Recomendaciones a los Servicios Médicos de federaciones españolas unideportivas, para la inclusión de deportistas con discapacidad (primera parte)

Josep Oriol Martínez-Ferrer, Myriam Guerra Balic, Jordi Segura Bernal

Facultat de Psicologia. Ciències de l'Educació i de l'Esport Blanquerna. Universitat Ramon Llull. Barcelona.

**Recibido:** 24.03.2017

**Aceptado:** 26.07.2017

## Resumen

El proceso de inclusión del deporte adaptado repercute a diversos niveles de los Servicios Médicos Federativos (SMF), que deben de adaptarse a la presencia de los deportistas con discapacidad en las federaciones unideportivas españolas. En esta primera parte de las "Recomendaciones a los Servicios Médicos de federaciones españolas unideportivas, para la inclusión de deportistas con discapacidad" se presentan las bases en que fundamentar las necesarias adaptaciones, desde un modelo general de inclusión – integración, desde la dimensión del deportista, con diversos tipos de discapacidad, y de la modalidad deportiva. Se presentan los aspectos más significativos a tener en cuenta por los SMF en el proceso de inclusión de los deportistas con discapacidad, referidos a las adaptaciones específicas y diferenciales sobre el control fisiológico y el rendimiento deportivo: reconocimiento médico y funcional, pruebas de rendimiento deportivo, reconocimiento médico-deportivo, valoraciones y clasificaciones funcionales, y nutrición, hidratación y ayudas ergogénicas. Finalmente, se comentan aspectos específicos del control antidopaje en deportistas con discapacidad: autorizaciones de usos terapéuticos y adaptaciones específicas en las técnicas de recogida de muestras. La segunda parte, en un segundo artículo, tratará de otras acciones específicas en los SMF y otras acciones y adaptaciones que garanticen la igualdad de condiciones entre los deportistas.

## Palabras clave:

Inclusión. Integración deportiva.  
Deporte adaptado.  
Deportista con discapacidad.  
Persona con discapacidad.  
Federaciones unideportivas (convencionales).  
Servicios médicos federativos.

## Recommendations to the Medical Services in Spanish federations by sport, for the inclusion of athletes with disabilities (first part)

### Summary

The inclusion process in adapted sport, affects at several levels on the Medical Services in Spanish Sport Federations (SMF), due to the presence of disabled athletes. This is a first part of the article titled *Recommendations to the Medical Services in Spanish federations by sport, for the inclusion of athletes with disabilities*. New significant aspects related with specific and differential adaptations on physiological control and sports control, are presented: medical and functional recognition, sports performance tests, sports-medical examination, functional classifications and assessments. Subsequently, nutrition, hydration and ergogenic supplements specific aids are explained. Finally, specific aspects of anti-doping control in disabled athletes are discussed: therapeutic uses exemption and specific adaptations to the sample collection techniques.

The second part, in a second article, will deal with other specific actions in the SMF and with other actions and adaptations that guarantee equality of conditions among athletes.

## Key words:

Inclusion. Sport integration.  
Adapted sports. Disabled athlete.  
Person with disability.  
Sport federations (conventional).  
Federation medical services.

**Correspondencia:** Josep Oriol Martínez-Ferrer  
E-mail: JoseOriolMF@blanquerna.url.edu

## Introducción

La inclusión de las personas con discapacidad es un eje prioritario en las políticas de desarrollo social, tanto en España como en Europa y resto del mundo, siendo las actividades físicas y deportivas, y también el deporte de competición, un importante medio para conseguir metas de inclusión social<sup>1</sup>. El deporte adaptado, a nivel mundial, está viviendo un momento histórico de cara a favorecer la inclusión de sus deportistas, siendo el objetivo preferente favorecer la práctica de sus modalidades deportivas, sean cuales sean las características físicas, psíquicas o sensoriales de las personas que lo practican. Este proceso representa un reto que marcará el futuro de las modalidades deportivas y del deporte de competición en el siglo XXI.

Las propuestas para impulsar procesos de inclusión / integración del deporte adaptado en España plantean situaciones a las que se deben proponer respuestas, como por ejemplo:

- adaptaciones estructurales y organizativas,
- aspectos relacionados con la promoción y con la iniciación deportiva, no sólo de las personas con discapacidad sino también de la población en general,
- aspectos referentes al asesoramiento y a la formación de responsables de gestión y de técnicos de deporte, de apoyo a los deportistas, de personal de competición, jueces o árbitros,
- desarrollo de equipos interdisciplinarios que incluyan como objetivo al deporte adaptado,
- desarrollo de proyectos y programas de deportes adaptados incluidos en programas de deporte en general,
- legislación deportiva aplicable al desarrollo del proceso, consensuada en las federaciones unideportivas.

Por consiguiente, los Servicios Médicos Federativos (SMF) no deben ser una excepción en este contexto de adecuación inclusiva federativa, debiéndose adaptar a estas nuevas necesidades surgidas de la presencia de deportistas con diferentes discapacidades y sus modalidades deportivas. En esta primera parte de la revisión en conjunto del proceso de inclusión en los SMF de las federaciones unideportivas de los deportistas con discapacidad, vamos a presentar las necesidades de adaptaciones de los servicios básicos que se prestan, centradas a nivel de control fisiológico y de rendimiento deportivo, nutrición, ayudas ergogénicas, y como consecuencia de ello, del control antidopaje.

## Hacia la culminación del proceso inclusivo

Es importante remarcar que el objetivo final del proceso es conseguir la inclusión de los deportistas con discapacidad en las federaciones unideportivas. Pero también es obvio observar que no todos los deportistas con discapacidad, y sus correspondientes modalidades deportivas, tendrán las mismas posibilidades de alcanzar ese objetivo de inclusión máxima. Probablemente algunos sólo lo podrán conseguir, ahora y en un futuro cercano, a niveles que pueden ser encuadrados en la integración; de ahí que en muchas ocasiones utilicemos la expresión “inclusión/integración” (Martínez- Ferrer, 2016)<sup>2</sup>, como un hecho premeditado para una mejor comprensión, siempre considerando necesario que se posean criterios de normalización suficientes, y que

en todo momento supongan un respeto por la diversidad de todos los deportistas de la federación unideportiva. Se deberá identificar, en cada caso, el nivel o los niveles de normalización y socialización que esos deportistas y sus modalidades puedan conseguir<sup>2</sup>.

Estos niveles de la dimensión inclusiva los vamos a definir a través de las características de la discapacidad de los deportistas y de la modalidad deportiva, siendo esta diferenciación muy útil para la federación unideportiva, que posteriormente deberá implementar la participación y representación del deporte adaptado en la propia federación, en especial en sus competiciones deportivas. Las dimensiones son:

- a) *Dimensión del deportista con discapacidad*: en este caso los deportistas con discapacidad podrán alcanzar los siguientes niveles:
  - Deportista individual incluido: cuando su capacidad funcional y su capacidad de competir no difieran de las mismas que posean el resto de deportistas de su nivel deportivo en esa modalidad deportiva. Como ejemplo podríamos referirnos a un atleta con una secuela de amputación de un antebrazo, en una competición de medio fondo atlética.
  - Deportista individual integrado: cuando su capacidad funcional y competitiva no sea asimilable a la del resto de deportistas de su nivel deportivo en esa modalidad. En esta situación deberá competir con deportistas con su discapacidad pareja, aplicando los criterios de clasificación funcional de la modalidad deportiva en cuestión. Como ejemplo podemos señalar un nadador con secuela de una paraplejía completa de nivel dorsal doceava, en una prueba de estilo libre de natación.
  - Deportista individual adaptado: cuando su capacidad competitiva no pueda asimilarse a la del resto de deportistas de su nivel deportivo por no existir esa modalidad o característica competitiva en la federación unideportiva. En esta situación también deberá competir con deportistas en situación de discapacidad pareja, aplicando los criterios de clasificación funcional de la modalidad deportiva en cuestión. El ejemplo que podemos describir sería la de un ciclista con deficiencia visual en la modalidad ciclista de tándem, con guía vidente.
  - Deportista de equipo inclusivo: cuando su capacidad funcional y su capacidad de competir no difieran de las mismas que posean el resto de deportistas de equipo en la modalidad deportiva, o sean compensadas con pequeños cambios reglamentarios. Sería un ejemplo un basquetbolista con una secuela de sordera, con arbitraje combinado de silbato y luces verde y roja.
  - Deportista de equipo adaptado: cuando su capacidad competitiva no pueda asimilarse a la del resto de deportistas de su nivel deportivo por no existir esa modalidad o característica competitiva en la federación unideportiva. En esta situación también deberá competir en equipos formados con deportistas en situación de discapacidad pareja, aplicando los criterios de clasificación funcional de la modalidad deportiva en cuestión. En este supuesto el ejemplo sería un futbolista con secuela de parálisis cerebral infantil con hemiparesia con espasticidad manifiesta, de un equipo de fútbol siete.
- b) *Dimensión de la modalidad deportiva*: en este caso la modalidad podrá alcanzar los siguientes niveles:



- Modalidad inclusiva: cuando los deportistas tengan un nivel funcional y competitivo parecido. Por ejemplo en tiro con arco.
  - Modalidad integrada: cuando la modalidad es la habitual y en su mismo entorno competitivo, pero no todos los deportistas tienen un nivel funcional parecido o estándar y en la competición deben ser clasificados por clases específicas. Serviría de ejemplo el tenis de mesa para personas con discapacidad intelectual.
  - Modalidad adaptada: cuando dicha modalidad deba tener variaciones técnicas para poder ser practicada por algunos deportistas con discapacidad. Un ejemplo sería el *curling* adaptado.
  - Modalidad asimilada: cuando la modalidad no sea fiel reflejo de la habitual y se hayan desarrollado modalidades similares para poder ser practicada por algunos deportistas con discapacidad, como sería la modalidad de rugby en silla de ruedas.
- c) *Dimensión especial*: no debemos olvidar que algunos deportes practicados por personas con discapacidad no tienen capacidad inclusiva real. Es fácilmente explicable porque no hay federación unideportiva establecida. Ejemplos de ello son la *Boccia* para deportistas con discapacidad física o el *Goalball* para deportistas ciegos y deficientes visuales. Estos deportes deberán establecerse como federaciones unideportivas a nivel nacional con el apoyo del Consejo Superior de Deportes (CSD), como ya lo son a nivel internacional.

La inclusión/integración de este grupo especial en el deporte federado español no lo será a nivel de un entorno propio federativo, sino a nivel de su interrelación igualitaria en las organizaciones supra-federativas, como el Comité Olímpico Español (COE) o el Comité Paralímpico Español (CPE), donde deberán ocupar un espacio de nueva creación y de representación, en este caso como "Federaciones de deporte específico paralímpico".

También deberemos tener presente la posibilidad inversa, de tipo integrada, en la cual las personas sin discapacidad practiquen en modalidad integrada alguna especialidad del deporte adaptado, como puede suceder en la incorporación de jugadores de voleibol sentado sin discapacidad.

Este momento histórico de inclusión del deporte adaptado en el deporte mundial, es el nuevo reto de las federaciones deportivas y del deporte de competición en el primer cuarto del siglo XXI.

## Adaptaciones básicas de los servicios médicos federativos

El objetivo de esta revisión es la de presentar una propuesta de adecuaciones y adaptaciones generales de los SMF nacionales, derivadas de la propuesta de inclusión en el deporte federado español: "*Protocolo inclusión del deporte de competición de las personas con discapacidad en las federaciones deportivas convencionales -unideportivas, en el Estado Español*". Este estudio correspondiente a una tesis doctoral; de tipo cualitativo y de amplio alcance<sup>2</sup>, propone seguir una estrategia metodológica de investigación-acción que nos aproxime al conocimiento existente sobre la inclusión del deporte adaptado en las federaciones deportivas a través de sus gestores, técnicos y deportistas, comparando el conocimiento entre diferentes federaciones de deporte adaptado y

de las federaciones unideportivas. Se aplicó la metodología participativa del Grupos Focales de discusión (*Focus Group*)<sup>3</sup>, para poder proponer las bases de un modelo de intervención que sea útil para transformar su entorno en inclusivo, enmarcado en criterios consensuados de "*Buenas Prácticas Inclusivas*"<sup>4</sup>. En esta revisión se presentan las principales acciones necesarias para transformar los SMF, especialmente las de tipo general para todas las federaciones, las cuales evolucionarán hacia unas acciones específicas según la modalidad deportiva, así como del tipo de discapacidad y de los grados de discapacidad en cada federación unideportiva.

## Adaptaciones de los reconocimientos médicos y funcionales

Los reconocimientos médicos y funcionales deberán adaptarse a las necesidades y características del deporte específico y las de los deportistas con discapacidades que las practican, discapacidad física, sensorial o intelectual. Estas adaptaciones se derivan de los criterios establecidos por el Código Médico del Comité Paralímpico Internacional (*IPC Medical Code*, 2011)<sup>5</sup>, que establece todos los criterios generales de asistencia sanitaria, preservación de la salud de los deportistas y la ética y confidencialidad de estos servicios prestados.

### Pruebas de rendimiento deportivo

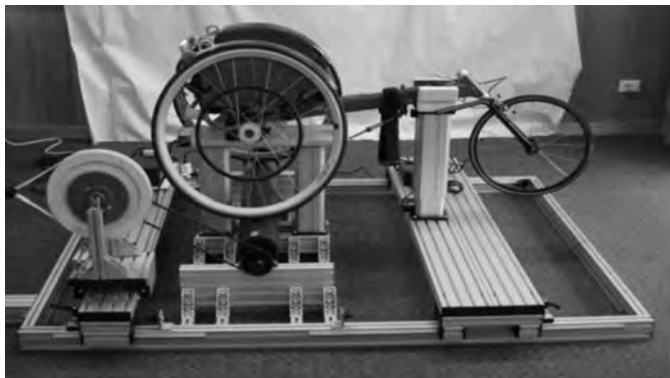
Para poder realizar un buen seguimiento del entrenamiento en deportistas con discapacidad, es necesario que superen unas pruebas de condición física, al igual que el resto de deportistas. Estas pruebas evaluarán diferentes capacidades y condiciones físicas, las más importantes de las cuales son la capacidad aeróbica, la fuerza muscular y la composición corporal. Además, según el tipo de deporte y de discapacidad, se podrá también evaluar la agilidad, la velocidad, el equilibrio, la flexibilidad y la coordinación.

Muchas veces, antes de realizar las pruebas, son necesarias una o más sesiones de familiarización, en especial en deportistas que presentan discapacidad de tipo intelectual. Se ha de tener en cuenta que para algunos de ellos el material y el equipo, así como las técnicas de ejecución, son nuevas y debemos garantizar un mínimo aprendizaje y confianza para que el test sea válido.

En cuanto al material y equipos, debemos hacer algunas consideraciones adaptativas. Algunos pueden ser comunes para deportistas con y sin discapacidad, pero su evaluación a través de fórmulas aplicadas puede variar según la discapacidad. Esto sucede, por ejemplo, cuando queremos obtener la composición corporal a través de pliegues cutáneos, o índices dinamométricos a través de dinamómetros isométricos. Otros equipos y maquinarias son específicos para alguna de las discapacidades. Por ejemplo, en caso de usuarios de silla de ruedas, será necesario utilizar un ergómetro de brazos (*handbike*). También sería útil una cinta ergométrica o *treadmill* suficientemente amplia como para poder subir la silla de ruedas, con unos anclajes para asegurarla sobre la cinta. Y una tercera opción sería utilizar rodillos mecánicos donde la buena sujeción de la silla será vital para prevenir posibles accidentes, en especial en momentos de fatiga o claudicación del atleta (Figura 1). Otro aspecto recomendable, en caso de movilidad muy reducida, sería tener alguna cinta con arneses de descarga para los atletas con grandes limitaciones para la deambulación.



**Figura 1. Silla de ruedas de atletismo montada en rodillo ergométrico para estudio. Ha sido instalado un sistema de fijación para evitar posibles accidentes durante la pruebas (archivo fotográfico privado de los autores).**



Es importante aplicar un protocolo específico con cargas e intensidades que se individualice al deportista y a su discapacidad y deporte para poder hacer un correcto seguimiento de su entrenamiento, ya que puede haber diferentes respuestas fisiológicas que puede aparecer cuando se hace ejercicio en algunos tipos de discapacidad. Por ejemplo, en caso de síndrome de Down, es importante conocer la incompetencia cronotrópica que presentan, siendo sus frecuencias cardíacas máximas menores a las de la población general para la misma edad (Guerra M. *et al*, 2003)<sup>6</sup>. O en el caso de parálisis cerebral, la alteración de la termorregulación por una alteración de la sudoración, también significativa en los deportistas con secuelas de Lesión Medular<sup>7,8</sup>. Más aún, en caso de pruebas de campo, será necesario hacer las adaptaciones correspondientes, o simplemente crear nuevas pruebas que evalúen lo que nosotros deseamos controlar. En cualquier caso, siempre será necesario previamente validar estas pruebas para el grupo poblacional correspondiente.

Teniendo en cuenta la heterogeneidad de los deportistas con discapacidad, y la gran cantidad de deportes que pueden llegar a practicar, es difícil determinar protocolos específicos para evaluar a estas personas, y por eso la importancia de la individualización.

Es necesario, por tanto, tener en cuenta que ante cualquier prueba que se realice no se utilicen valores de referencia generales para determinar el nivel de condición física en que se encuentran. Debemos siempre comparar cada individuo consigo mismo, y analizar los cambios a mejor o a peor que se puedan producir para adaptar el entrenamiento de cara a un rendimiento satisfactorio.

### **Reconocimientos médicos-deportivos**

En este apartado se tendrán en cuenta las características y las funcionalidades de la discapacidad que presentan, en relación al riesgo de la práctica deportiva de competición. Para ello, se deberán considerar las certificaciones oficiales que posea el deportista con discapacidad, y los criterios internacionales establecidos en el Código de Clasificación del Comité Paralímpico Internacional (*IPC-Classification Code*)<sup>9</sup> también aprobado en 2011, donde se establecen los criterios de elegibilidad según el grado y la funcionalidad para la práctica del deporte específico. Estos

criterios establecen qué deportistas pueden ser elegibles para la práctica deportiva de competición, desde niveles que varían de la discapacidad máxima (*Maximal Handicap*)<sup>9</sup> -deportista que no puede ser elegido por el riesgo que puede presentar la práctica para su salud y seguridad, a los de la discapacidad mínima (*Minimal Handicap*)<sup>9</sup> -deportista que no es elegible para la práctica deportiva adaptada y sólo puede competir en la modalidad inclusiva, ya que su grado y funcionalidad ya son muy parejas a los deportista estándar en ese deporte específico.

### **Valoraciones y clasificaciones funcionales de la discapacidad**

La clasificación del grado de discapacidad es una evaluación necesaria para garantizar una competición justa. No muy diferente de la lucha libre, boxeo y levantamiento de pesas, donde los deportistas compiten según unas categorías establecidas de peso, los deportistas con discapacidades se agrupan en clases definidas por el grado de funcionalidad presentada por la discapacidad en un deporte específico, en muchos casos distintas aunque el grado de discapacidad sea parecido.

En 2003, el Movimiento Paralímpico relanzó el estudio y análisis de los sistemas de clasificación, iniciados en 1990 por el Comité Organizador de los IX Juegos Paralímpicos de Barcelona'92 (COOB'92)<sup>10</sup>, reconociendo la necesidad de coordinar unas clasificaciones bajo un modelo teórico y universal. El resultado de este proceso es el Código de Clasificación del Comité Paralímpico Internacional, crucial para el futuro del deportista paralímpico, ya que la clasificación asegura que la discapacidad de un deportista siempre es relevante en su rendimiento deportivo (*IPC Classification Code*, 2011, artículo 2.1.1)<sup>9</sup>. El código se complementa con normas internacionales que establecen los requisitos técnicos y operativos para la clasificación. Siendo fundamentales 3 normas internacionales de control de la funcionalidad:

- *Evaluación del deportista*: los procedimientos para la evaluación de los deportistas y la asignación de la clase deportiva y estatus de clase deportiva.
- *Protestas y apelaciones*: procedimientos para el manejo de las protestas y apelaciones relacionadas con las clasificaciones cuando la discapacidad del deportista varía o así lo aconseje.
- *Capacitación como clasificador/ora y certificación*: gestión para la formación uniforme y universal, y su certificación como clasificadores especializados y con autoridad para su acción clasificadora, ya sea a nivel nacional o internacional. El código se aplica a todos los deportes en el movimiento paralímpico. La aplicación y el cumplimiento del Código de Clasificación del Comité Paralímpico Internacional, utilizado en las federaciones deportivas internacionales es supervisado por el Comité Paralímpico Internacional (IPC).

El Código de Clasificación del Comité Paralímpico Internacional requiere que todos los sistemas de evaluación y posterior clasificación aplicados a un deporte específico establezcan: a) la identificación los impedimentos elegibles para ese deporte en particular en los deportistas con discapacidad, b) describan detalladamente los métodos para la evaluación aplicados a los deportistas de modo que el impacto de la deficiencia quede demostrado.

Estos métodos deben basarse en pruebas objetivas, estandarizadas y homologadas.

El IPC ha adoptado el trabajo de investigación "*International Paralympic Committee position stand—background and scientific principles of classification in Paralympic sport*"; de Tweedy and Vanlandewijck<sup>11</sup>, como referencia basada en la evidencia de una evaluación y clasificación en un deporte específico, sistemas de clasificación específicos que deben coincidir con los principios expuestos en este apartado.

Para garantizar que la competencia sea justa y equitativa, todos los deportes paralímpicos tienen un sistema de categorización que asegure que ganar siempre viene determinado por la habilidad, aptitud, potencia, resistencia, capacidad táctica y la concentración mental del deportista y no del nivel de su discapacidad, considerando los mismos factores que dan cuenta del éxito en el deporte para deportistas sin discapacidad, siendo su objetivo minimizar el impacto de las deficiencias en la actividad deportiva, disciplina o deporte. Por lo tanto, tener una deficiencia no es suficiente para poder participar en los deportes paralímpicos.

En la actualidad, dos modelos de clasificación se aplican en el movimiento paralímpico internacional:

- *Modelos específicos de deporte*: en este sistema de clasificación, donde los deportistas son evaluados y valorados teniendo en cuenta las exigencias específicas requeridas en cada deporte y/o sus gestos deportivos básicos, por ejemplo, deportes en sillas de ruedas / capacidad de propulsión de la silla. Este sistema también se conoce como clasificación funcional.
- *Modelo general*: en este sistema de clasificación los deportistas se evalúan teniendo en cuenta el tipo y el grado de deficiencia que presentan; por ejemplo, el grado de deterioro visual y su repercusión en la práctica deportiva.

El impacto en el deporte debe ser demostrado; las clases deportivas, en cada deporte paralímpico, establecen los criterios de agrupación de los deportistas por su grado de limitación de la actividad, resultante de su deterioro. La clasificación es específica para el deporte, ya que un deterioro afecta a la capacidad para llevar a cabo diferentes deportes en grado diferente. Como consecuencia de ello, un deportista puede cumplir los criterios de un deporte, pero no puede cumplir los criterios en otro deporte, o cumplirlos en una menor significación funcional.

## Nutrición, hidratación y ayudas ergogénicas

Se describirán los aspectos fundamentales de la nutrición en los deportistas con discapacidad. Debemos tener en cuenta dos aspectos principales:

- Por un lado las características específicas de la secuela que presenta el deportista con discapacidad, en especial sus secuelas persistentes, ya sean de tipo físico, funcional o psíquico, que puedan afectar a su capacidad de nutrición. En el caso de un tetraparésico o tetraplégico, e incluso un doble desarticulado de hombros, al no tener fácil acceso a las bebidas, presenta dificultad para mantener una hidratación mantenida e incluso una alimentación correcta.
- Por otro lado, también es importante tener presente la posible interacción con el tratamiento farmacológico habitual o esporádico que muchos de estos deportistas utilizan para el control de sus secuelas, así como la posible interacción de estas medicaciones de base con los efectos cuantitativos y cualitativos que produzcan sobre su nutrición, como sucedería en el caso de terapias que

contemplaran el uso de diuréticos, beta-bloqueantes, relajantes musculares, antiepilépticos y/o antiespasmódicos, entre otros.

Es importante conocer los aspectos prácticos de una correcta hidratación y nutrición en deportistas con diferentes discapacidades: a) para qué puede ser útil beber o alimentarse durante el ejercicio, b) la cantidad de líquido a beber, c) qué tipo de bebidas son las mejores d) la cantidad y calidad de nutrientes a ingerir y cómo hacerlo, e) qué modificaciones deben hacerse en entornos fríos o calurosos, y f) las características funcionales del deportista con discapacidad.

La deshidratación severa afecta al rendimiento y aumenta el riesgo de enfermedades por el calor, pero beber en exceso también puede ser perjudicial o incómodo, en especial en deportistas con dificultad de control de los esfínteres.

Cada deportista es diferente porque tienen diferentes pérdidas a través del sudor, distintas secuelas, tratamientos, etc... y diferentes oportunidades para beber líquido durante sus entrenamientos y competiciones. Recordar que los seres humanos no se adaptan a la deshidratación, pero pueden aprender a quejarse menos sobre ella.

Pasos simples pueden ayudar a guiar unas "buenas prácticas" de correcta hidratación (COI: Nutrición para deportistas paralímpicos, 2012)<sup>12</sup>:

- Iniciar la sesión bien hidratado.
- Si el color de la orina se vuelve más oscuro de lo que es normal puede ser que no beba lo suficiente. Esto puede ser muy objetivable, en deportistas que por su discapacidad utilizan bolsa de diuresis por incontinencia habitual<sup>8</sup>.
- Desarrollar un plan de capacitación y beber durante la competición es siempre necesario.
- Si el deportista presenta habitualmente, lo que se conoce según Casa, et al. (2005) como, una "camiseta salada"<sup>13</sup>, es posible que necesite bebidas con más sal o más sal proveniente de los alimentos, cuando las pérdidas de sudor sean altas.

Es importante minimizar el riesgo de problemas gastrointestinales, derivados de una secuela que provoca estreñimiento o de tratamiento con este efecto no deseado, en ocasiones también acrecentado en días calurosos, los cuales favorecen el estreñimiento y la deshidratación. Puede ser mejor evitar alimentos sólidos de 2 a 3 horas antes de la competición, ya que la combinación de ejercicio físico y nerviosismo puede provocar algunas molestias gástricas.

Los entrenadores de deportistas con discapacidad deben tener a disposición recursos formativos respecto a la nutrición e hidratación específicos, de modo que puedan guiar a sus deportistas hacia buenos hábitos.

Los mecanismos de termorregulación son menos eficientes en los deportistas con discapacidad en general, y debe prestarse especial atención al entorno, los patrones de actividad, la ropa y la hidratación para evitar hipertermia e hipotermia.

Los deportistas con discapacidad que consumen una amplia gama de alimentos no deberían necesitar suplementos dietéticos, lo que incluye el consumo de bebidas energéticas que contienen grandes cantidades de cafeína y no son apropiados.

También es muy importante que el deportista con discapacidad informe en todo momento y constantemente de los cambios de medicación que le puedan haber sido prescritos, para que los SMF puedan valorar sus nuevas necesidades energéticas y de hidratación, valorando

o no la necesidad de ayudas ergogénicas específicas. Esta información será siempre y periódicamente transmitida a sus entrenadores.

En referencia a las ayudas ergogénicas, en primer lugar, es imprescindible un conocimiento correcto del sistema energético que se está utilizando durante la práctica deportiva, así como también las características de las secuelas y de los posibles tratamientos utilizados por los deportistas con discapacidad, como ya hemos remarcado anteriormente. De esta forma, se podrán utilizar las ayudas ergogénicas nutricionales adecuadas en cada circunstancia. Éstas se recomiendan en deportistas con discapacidad cuando se conozcan adecuadamente los protocolos de suplementación que se muestren eficaces y valorando las posibles interacciones de estos con las secuelas y los tratamientos prescritos en este tipo de deportistas. Actualmente, existe una escasa regulación en la industria de la suplementación nutricional específica para deportistas con discapacidad, y son casi inexistentes los estudios que relacionan estas suplementaciones con las características de las secuelas discapacitantes o sus interacciones con las medicaciones que las puedan controlar, y que así avalen realmente la eficacia específica de estas ayudas en el deporte adaptado.

## Control antidopaje

Los premios personales y económicos en el deporte moderno pueden propiciar un deseo por el deportista de ganar a toda costa. También el movimiento paralímpico ha sido lacrado por estas prácticas de juego sucio e inadmisibles<sup>14</sup>.

Para garantizar un deporte limpio y justo, el IPC y sus federaciones internacionales, y las nacionales plurideportivas y las unideportivas con modalidades inclusivas, son signatarios y miembros activos de la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) y de su Código Mundial Antidopaje (2015)<sup>15</sup>. Como miembro interesado (*stakeholder*) de la AMA, el IPC ha desarrollado y ha implementado también su Código Antidopaje del Comité Paralímpico Internacional (*IPC Anti-doping Code*)<sup>16</sup>, que recoge las reglas antidopaje aplicables al Movimiento Paralímpico, y la Lista de Sustancias Prohibidas anual, que son las mismas que las que se aplican en los deportes olímpicos, establecida por la AMA anualmente. Así, las federaciones nacionales unideportivas y sus SMF deberán seguir estas directrices, que en caso de no estar específicamente definidas en la Ley Orgánica 3/2013, de 20 de junio, de protección de la salud del deportista y lucha contra el dopaje en la actividad deportiva (BOE núm. 148, de 21 de junio de 2013)<sup>17</sup>, deberán hacer la consulta pertinente a través de nuestra Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEPSAD) para aplicarlas y conocer su normativa de uso.

En cuanto a los aspectos que pueden diferenciarse en el control de dopaje en deportistas con discapacidad; aspectos más técnicos que normativos, ya que la mencionada Ley de protección de la salud del deportista y lucha contra el dopaje en la actividad deportiva (2013)<sup>17</sup> no hace distinciones significativas, por lo cual remarcaremos las que se aplican en el Comité Paralímpico Internacional (*IPC Anti-doping Code*)<sup>16</sup>.

En la realidad es muy difícil determinar y analizar los efectos exactos que una sustancia, un método o combinación de ellos, puedan generar en un deportista, y si son perjudiciales para su salud. En especial, si por su condición de deportista con discapacidad debe utilizarlas para el tratamiento o la estabilización de alguna de las secuelas que presente,

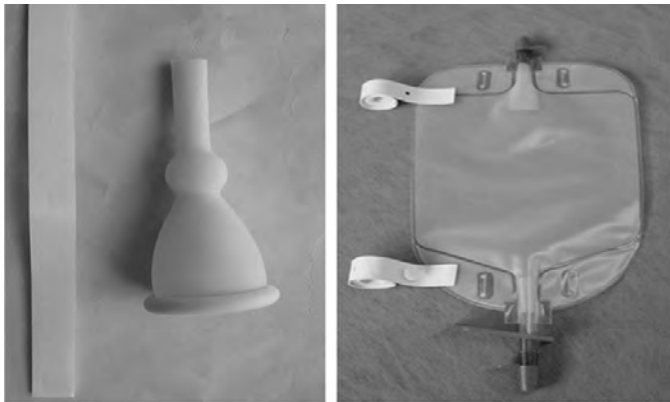
o como resultado de la combinación con sus terapias de base, podría dar lugar a falso positivos.

En los deportistas con discapacidad la revisión inicial de un tratamiento para determinar si una Autorización de Uso Terapéutico (AUT) puede ser aplicada y aceptada, resulta ser más compleja y en muchos casos esencial para la justicia deportiva, pero a su vez también para la salud de sus deportistas, que en ningún caso puede verse comprometida. Por consiguiente, es de vital importancia que el deportista transmita toda la información posible a los médicos de su federación y al panel de expertos AUT, referente a todos los tratamientos y métodos paliativos, en confianza y en aplicación ética del secreto profesional. Dentro de esta relación, el médico asumirá diversos papeles que incluirán: educador, sanador, detective, juez deportivo y consejero.

Algunos aspectos diferenciadores del Control Antidopaje en el deporte adaptado.

- Las Autorizaciones de Uso Terapéuticos (AUT): los deportistas con discapacidad necesitan familiarizarse con el proceso de AUT. Ellos deben obtener un AUT, si es el caso, de su federación nacional, y del IPC cuando su condición sea de deportista internacional (BOE núm. 148, de 21 de junio de 2013; artículo 17)<sup>17</sup>. Los deportistas deben ser conscientes que ellos permanecen vulnerables a un resultado del laboratorio adverso (positivo) y la posible violación de la reglas antidopaje hasta que la AUT haya sido concedida oficialmente. El tratamiento médico no debería empezarse, por consiguiente, antes de la fecha de la salida del certificado de autorización de la AUT, exceptuando las condiciones de emergencia médica. Las demandas de la AUT no serán consideradas para la aprobación retroactiva, excepto en casos estipulados en el Código Mundial de la AMA<sup>15</sup> como son: a) emergencia; por ejemplo, tratamiento médico de urgencia o tratamiento de una condición médica aguda. b) circunstancia excepcional de tiempo insuficiente para que un deportista solicite en forma su AUT, o tiempo insuficiente para el Comité de AUT considerarla antes de una competición y aplicación de un plan de control antidopaje.
- Adaptaciones a las técnicas de recogida de muestras en el deporte adaptado: el Código Mundial de la AMA<sup>15</sup> proporciona la oportunidad de modificar los procesos relacionados con la toma de muestras en los controles antidopaje. El Oficial de Control del Dopaje habilitado<sup>17</sup> para realizar los controles antidopaje, siguiendo estas recomendaciones, tiene la autoridad para hacer modificaciones en los procedimientos normales para la toma de muestras de los deportistas con discapacidad, con el objetivo de que las modificaciones no transgredan la integridad, seguridad o identidad de la muestra, y con autorización por el deportista y/o representante del él/ella. Éste puede ser el caso cuando:
  - a) Los deportistas presenten una restricción en la movilidad o coordinación durante el procedimiento de colección de muestra normal; ej. si el deportista es incapaz de manejar el vaso de la colección habitual, se le puede ofrecer otros específicos más grandes y adaptados a su déficit de coordinación y/o movilidad. El Oficial de Control del Dopaje puede realizar soporte a estas tareas bajo la supervisión y autorización del deportista y/o representante del él / ella.

**Figura 2. A la izquierda, modelo estándar de colector de orina y tira adhesiva para sujeción peneal (tipo preservativo), para incontinencia gota a gota. A la derecha, bolsa de recolección de orina con cintas de sujeción a la pierna en usuario en silla de ruedas (archivo fotográfico privado de los autores).**



- b) En caso de deficiencia visual, el representante del él / ella puede firmar los formularios y actas correspondientes.
- c) Cuando el deportista no puede inspeccionar el equipo de recogida de la muestra, el representante del él / ella será autorizado a realizar la inspección.
- d) Si presenta secuelas neurológicas o del desarrollo neuromotor (ej. deportistas con una discapacidad neurológica o de desarrollo), debe ser acompañado en todo momento durante la sesión de recogida de la muestra por su representante del él / ella.
- e) Cuando un deportista utiliza un catéter o dispositivo condón para permitir producción y conducción de la orina (bolsas de diuresis). Los deportistas que utilizan colectores de orina deberán escoger uno de los medios siguientes para la recogida de sus muestras (Figura 2).
  - Si el catéter o condón se puede separar de la bolsa de diuresis y colocar una nueva bolsa de la que se recogerá la muestra posteriormente.
  - Si se debe remplazar el catéter o el condón usado, la bolsa debe vaciarse totalmente y una muestra nueva y fresca de orina debe ser recogida. La muestra también puede recogerse directamente a través del catéter en el vaso de la colección.

En este último caso (apartado e) debe tenerse en cuenta la llamada Declaración en el Uso de Catéteres (2008) del IPC, con cita textual. *"IPC estipula que el catéter usado por un deportista con necesidad para la autocateterización, este catéter sea considerado como equipamiento personal. Los deportistas pueden reaccionar adversamente a las diferentes marcas y modelos, que podrían llevar potencialmente a infecciones y/o las reacciones alérgicas. Los deportistas usan un tipo particular de catéter, por consiguiente, debido a la variedad de marcas, modelos y tamaños, no puede esperarse que los comités organizadores, ni el personal habilitado, proporcionen catéteres que reúnen los requisitos individuales de cada deportista. Dentro de esta perspectiva, y dando prioridad absoluta a la salud del deportista, el catéter usado es de su responsabilidad. Aunque no obligatorio, se recomienda que los deportistas usen catéteres estériles por las razones de higiene y prevención de enfermedades".*

- f) Cuando sea imposible recoger la muestra de sangre por venopunción en las venas del brazo (ej. amputaciones de extremidades superiores), el personal habilitado por la AEPSAD extraerá la muestra de sangre de una vena en el pie o ingle según la discapacidad.
- g) Debe notarse que cualquiera de estas adaptaciones específicas en la recogida de la muestra a un deportista con discapacidad debe ser especificada y relatada en un Formulario Suplementario de la recogida de muestra realizada por el Oficial de Control del Dopaje.

## Conclusiones

En esta primera parte de la revisión se han presentado los aspectos más significativos a tener en cuenta por los SMF del proceso de inclusión de los deportistas con discapacidad en las federaciones unideportivas estatales. Se han representado los distintos niveles de normalización que cada deportista con discapacidad puede alcanzar en las federaciones unideportivas en general, procesos de inclusión / integración, que en todos los casos, devendrán en relación al nivel y tipo de discapacidad del deportista y también de su modalidad deportiva.

También se han presentado las adaptaciones específicas que las federaciones unideportivas deberán implementar. En esta primera parte, centradas en las evaluaciones que han de realizar específicamente a sus deportistas con discapacidad, presentando especialmente las características diferenciales y soslayando las comunes a todos los deportistas, tanto en el control fisiológico y del rendimiento deportivo, la nutrición, el uso ayudas ergogénicas y, como consecuencia de ello, del control antidopaje en estos deportistas.

En la segunda parte de la revisión, de pronta preparación, se describirán otras acciones y actuaciones de los SMF, así como una breve descripción de adaptaciones arquitectónicas y de supresión de barreras de diferentes tipos, con el objeto global de prestar un servicio en igualdad de condiciones, a los deportistas con discapacidad.

Esta revisión en conjunto no pretende ser un recetario de adaptaciones y aplicaciones inclusivas, sino más bien una puesta en común de cuáles deben ser las principales adaptaciones y aplicaciones inclusivas a las federaciones unideportivas estatales, las cuales, y de modo individual y específico, deberán ser evaluadas y rediseñadas específicamente teniendo en cuenta su o sus modalidades deportivas y aplicables a todos sus deportistas sean cuales sean sus condiciones.

## Bibliografía

1. Martínez-Ferrer JO. Paper de l'activitat física i l'esport adaptat en la normalització de les persones discapacitades. *Aloma* 2004;13:13-23.
2. Martínez-Ferrer JO. Estudio y protocolización del proceso de inclusión del deporte de competición de las personas con discapacidad en las federaciones deportivas convencionales en el Estado Español. Tesis Doctoral 2016 (consultado 18/2/2016). Disponible en: [http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/351962/Tesi\\_Jose\\_Oriol\\_Martinez.pdf](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/351962/Tesi_Jose_Oriol_Martinez.pdf)
3. Segura J, Martínez-Ferrer JO, Guerra M. Focus group: una metodología para fomentar procesos de inclusión en el deporte. (2010). Ponencias - actas del CONDA 2010. Valencia: Universidad de Valencia, CSD y CPE (Consultado 2001/2017). Disponible en: <http://www.csd.gob.es/csd/estaticos/dep-adp/conda2/6-Jordi-Segura.pdf>
4. Fernández FAJ, Ritacco M. Evaluar en contextos de exclusión educativa. Buenas prácticas e inclusión social. *RIEE*. 2011;4(1):90-108.

5. International Paralympic Committee. Medical Code (version "on line" en español). December 2011 (consultado 1812/2016). Disponible en: [https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/140916162037492\\_IPC%2BMedical%2BCode\\_Final\\_ESP\\_0.pdf](https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/140916162037492_IPC%2BMedical%2BCode_Final_ESP_0.pdf)
6. Guerra, M., Natalia Ll., and Bo Fernhall. Chronotropic incompetence in persons with down syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(11):1604-08.
7. Unnithan, V, *et al.* Responses of children with cerebral palsy to treadmill walking exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(11):1674-81.
8. Krassioukov A. Autonomic dysreflexia: current evidence related to unstable arterial blood pressure control among athletes with spinal cord injury. *Clin J Sport Med.* 2012; 22(1):39-45.
9. International Paralympic Committee. IPC Classification Code and International Standard (version "on line"). November 2007 (consultado 2012/2016). Disponible en: [https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/120201084329386\\_2008\\_2\\_Classification\\_Code6\\_1.pdf](https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/120201084329386_2008_2_Classification_Code6_1.pdf)
10. Martínez-Ferrer, JO. Les classificacions funcionals. Un repte dels IX Jocs Paralímpics de Barcelona'92. *Apunts Medicina de l'Esport.* 29 (112): 87-98.
11. Tweedy SM, Vanlandewijck YC. "International Paralympic Committee position stand-background and scientific principles of classification in Paralympic sport". *Br J Sports Med.* 2001;45(4):259-69.
12. COI. Nutrición para deportistas paralímpicos. Una guía práctica para comer y beber, para mejorar la salud y el rendimiento físico. Basada en la Conferencia Internacional de Consenso celebrada en el COI, en Lausana octubre de 2010. London Ed. Coca Cola; (2012) versión castellana. p. 28.
13. Casa DJ, Clarkson PM, Roberts WO. American College of Sports Medicine roundtable on hydration and physical activity: consensus statements. *Current sports medicine reports* 4.3 (2005): 115-27. (consultado 1501/2017). Disponible en: <http://www.acsm.org/docs/publications/Roundtable%20on%20Hydration%20and%20Physical%20Activity.pdf>
14. Martínez-Ferrer JO, Pascual JA. La prevención del dopaje en el deporte adaptado. En Palau, Martínez-Ferrer, García-Alfaro y Ríos (comité redacción). *Deportistas sin Adjetivos.* Madrid; 2011 Ed. CSD, Real Patronato de Discapacidad y CPE. p. 187-204
15. AMA (Agencia Mundial Antidopaje). Código Mundial Antidopaje 2015. Versión oficial en español del Consejo Superior de Deportes y a la Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte, del Gobierno de España. (consultado 01505/2017). Disponible en: <http://femede.es/documentos/2015-cmad-final-esp.pdf>
16. International Paralympic Committee. Anti-doping Code (version "on line"). November 2015 (consultado el 2001/2017). Disponible en: [https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/151211113107941\\_2015\\_11+IPC+Anti-Doping+Code\\_FINAL\\_0.pdf](https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/151211113107941_2015_11+IPC+Anti-Doping+Code_FINAL_0.pdf)
17. Gobierno de España. Ley Orgánica 3/2013, de 20 de junio, de protección de la salud del deportista y lucha contra el dopaje en la actividad deportiva. «BOE» núm. 148, de 21 de junio de 2013, referencia: BOE-A-2013-6732. Texto consolidado, última modificación: 18 de febrero de 2017.



# The effect of therapeutic ultrasound on fibroblast cells *in vitro*: the systematic review

Priscila Daniele de Oliveira, Deise Aparecida de Almeida Pires-Oliveira, Larissa Dragonetti Bertin, Stheace Kelly Fernandes Szezerbaty, Rodrigo Franco de Oliveira

Centro Universitário de Anápolis (UNIEVANGÉLICA) - Programa de Pós graduação. Anápolis. Goiás. Brasil.

**Recibido:** 17.05.2017

**Aceptado:** 18.09.2017

## Summary

**Introduction:** Therapeutic ultrasound is one of the most used physical resources in the area of physiotherapy for the treatment of injuries. However, the multiplicity of dosimetry used in clinical practice points to its indiscriminate use for pathologies that surround skeletal muscle and expresses the limitation of the available literature on the ideal dosimetric standardization to the tissue restoration, mechanism of action and its real effects on the treatment in question.

**Objective:** The objective of this study was to promote a systematic review about the different effects and the dosimetric parameters of therapeutic ultrasonic irradiation on the process of restoration of fibroblast cells *in vitro*.

**Methods:** To select the articles, three electronic data banks were consulted, with publication from January 2000 to September 2016. The studies were tracked by three freestanding reviewers, according to inclusion and exclusion criteria.

**Results:** 669 articles were selected and after the application of inclusion and exclusion criteria, 647 were excluded. Among the exclusions reasons there are: the utilization of another physical method, exclusive focus on another type of cell line, other experimental models or the use of another language, reaching at the end 22 studies directed to qualitative analysis.

**Conclusion:** The results of this study showed that the scientific basis is not enough to establish real effects and dosimetric parameters of therapeutic ultrasonic on the process of restoration of fibroblast cells *in vitro*, due to the lack of generalization and conflict of found results.

## Key words:

Cell culture techniques. Fibroblasts. Ultrasonic therapy.

## Efecto del ultrasonido terapéutico en células fibroblásticas *in vitro*: revisión sistemática

### Resumen

**Introducción:** El ultrasonido terapéutico es uno de los recursos físicos más utilizados en el área de fisioterapia para el tratamiento de lesiones. Sin embargo, la gran cantidad de dosimetrías utilizadas en la práctica clínica muestra su uso indiscriminado para patologías que circundan el músculo esquelético y además expresa la limitación de la literatura sobre la estandarización dosimétrica ideal para la restauración del tejido, mecanismo de acción y sus efectos reales sobre el tratamiento en cuestión.

**Objetivos:** El objetivo de este estudio fue realizar una revisión sistemática sobre los diferentes efectos y parámetros dosimétricos de la irradiación ultrasónica terapéutica en el proceso de reparación de células fibroblásticas *in vitro*.

**Material y método:** Para la selección de los artículos fueron consultadas tres bases de datos para buscar publicaciones entre enero de 2000 y septiembre de 2016. La búsqueda de trabajos se realizó por tres revisores independientes, conforme a los criterios de inclusión y exclusión.

**Resultados:** Se seleccionaron 669 artículos y tras la aplicación de los criterios de inclusión, se excluyeron 647 estudios. Entre los motivos de exclusión están la utilización de otro medio físico, enfoque exclusivo de otro tipo de línea celular, otros modelos experimentales o el uso de otro idioma, quedando 22 estudios para el análisis cualitativo.

**Conclusión:** Los hallazgos de este estudio mostraron que la base científica todavía es insuficiente para el establecimiento de los efectos reales y parámetros dosimétricos de la irradiación ultrasónica terapéutica en el proceso de reparación de células fibroblásticas *in vitro*, por la falta de generalización y conflicto de los resultados encontrados.

## Palabras clave:

Técnicas de cultivo de célula. Fibroblastos. Terapia por ultrasonido.

**Correspondencia:** Priscila Daniele de Oliveira. E-mail: prisciladanielefsio@hotmail.com  
Rodrigo Franco de Oliveira. E-mail: rfranco@yahoo.com.br

## Introduction

The therapeutic ultrasound (TUS) is one of the most used physical resources in the physiotherapy area<sup>1</sup>. However, the multiplicity of dosimetries used in clinical practice points the indiscriminate use of it to pathologies which surround the musculoskeletal<sup>2</sup>, and express the limitation of available literature on the ideal dosimetric standardization to tissue restoration, mechanism of action and its real effects on the concerned treatment<sup>3</sup>.

This diversity of biological answers come from uncountable interactions of ultrasonic therapy with the cells and tissues, which have been studied for more than 50 years<sup>4</sup>. Among the biological answers, there is the stimulus to neuro-vascularization and leukocyte activity, to adenosine triphosphate production and collagen, to the speed of biochemical reactions, and yet, the significant influence TUS in the cell function in fibroblasts *in vitro* observed by Pires-Oliveira *et al*<sup>5</sup>.

In this context, notably, the fibroblast cells play an important role in the production of extracellular matrix (in the connective tissue) and collagen (in the fibrous tissue), being directly involved in the mechanisms of tissue repair and in phase of remodeling tissues<sup>6,7</sup>.

Thus, when the ultrasound treatment is correlated to the fibroblast cells culture, it is observed a relevant complementation of studies *in vivo*, especially when the TUS potential is evaluated, since it is admitted the minimization of thermal effects of TUS, as well as the realization of analysis<sup>8-10</sup>. In this regard, it is important to emphasize that, commonly the biophysical effects of TUS were proved in experimental studies *in vitro*, while the same could not be described or analyzed *in vivo*<sup>11</sup>.

Besides, with this technique of laboratorial manipulation *in vitro*, it is possible to achieve a strict control of uncountable variables involved, answer the questions in a more systematic manner and, finally, reach a further clarification about the use of TUS<sup>9,10</sup>.

Therefore, the objective of this study was to accomplish a systematic literature review about the different effects of therapeutic ultrasonic irradiation and its dosimetric parameters on the process of fibroblast cells restoration.

## Material and method

To select the articles of this systematic review three electronic data bank were consulted (PubMed, Bireme, Ebsco Host (Sport Discus), Scopus and Web of Science), being the research done on September 14, 2016.

In the search strategy, the keywords were selected by the terms "MeSH" and its matchings: "Ultrasonic Therapy", "Ultrasonics", "Cell Culture Techniques", "In vitro Techniques", "Fibroblasts", "Connective Tissue" and "Connective Tissue Cells", which were associated to the Boolean terms AND, OR and NOT, shown in Table 1. Some necessary adaptations have been done to meet the specificities of the search engine of each electronic data bank.

To be included in this review, the article should have the following criteria: publication between January 2000 and September 2016, present the text structure in English, French, Italian, Portuguese, Spanish or German, use the therapeutic ultrasound treatment as physical method, fibroblast cells *in vitro* or the biomodulating effect of ultrasound in the fibroblast repair process.

**Table 1. Keywords and keyword combinations used to screen the systematic review.**

```
("Ultrasonic Therapy"[Mesh] OR "Therapy, Ultrasonic" OR "Therapies, Ultrasonic" OR "Ultrasonic Therapies" OR "Ultrasonics"[Mesh] OR "Ultrasonic") AND ("Cell Culture Techniques"[Mesh] OR "Cell Culture Technique" OR "Culture Technique, Cell" OR "Culture Techniques, Cell" OR "Cell Culture" OR "Cell Cultures" OR "In Vitro Techniques"[Mesh] OR "In Vitro Technique" OR "Technique, In Vitro" OR "Techniques, In Vitro" OR "In Vitro as Topic" OR "In Vitro") AND ("Fibroblasts"[Mesh] OR "Fibroblast" OR "Connective Tissue"[Mesh] OR "Connective Tissues" OR "Tissue, Connective" OR "Tissues, Connective" OR "Connective Tissue Cells"[Mesh] OR "Cell, Connective Tissue" OR "Cells, Connective Tissue" OR "Connective Tissue Cell")
```

The papers which did not filled the inclusion criteria were excluded, and among them, there were the duplicated ones, with focus on another cell line, with another experimental model, with lack of essential information that affected the quality of the methods, the internal and external validity of the study and finally, the review of the articles. In addition to the exclusion criteria above mentioned, it was also included the summaries of events, editorials, consensus of physical means, validation of laboratory methods and manuals for clinical practice. At first, two freestanding reviewers (PDO and SKFZ) tracked the study searching for the title, abstract and key-words, and, in case of disagreement, a third reviewer was called (LDB). This way, after the phases of identification, screening and eligibility, all the studies potentially eligible (n=65) had their completed versions analyzed by these reviewers, according to the flowchart (Figure 1).

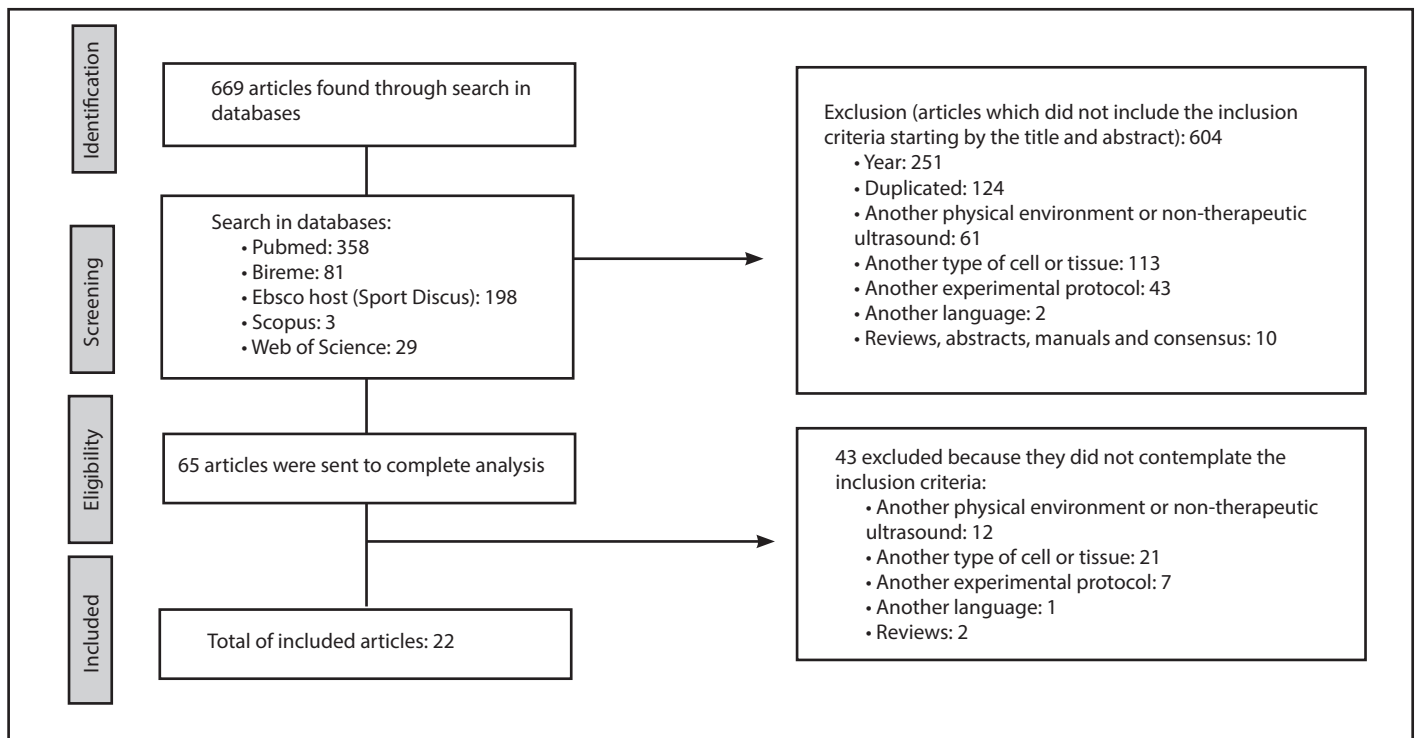
The critical evaluation of the studies was observed by the methodological quality in the results obtained through gold standard tests, by the integrity of the evaluations, and the mode adopted for laboratory manipulation in cell culture.

Thereafter, when analyzing the established criteria to determine the validity and reliability of the selected studies, the information were collected, in which were discarded the possibility of a meta-analysis due to the heterogeneity of data of the included studies, classifying this study as a qualitative systematic review.

The extraction and tabulation of the data of the documents obtained at the end of the scan was delimited in predefined fields (cell line, ultrasound parameters used, presence of biological effects after the ultrasonic treatment with statistically significant differences between the groups, or absence of biomechanical effects, or non-significant differences between the study control and the treated groups), and then, for the accuracy of the variables collection, the final database was again compared to the original sources by the evaluators and, lastly, interpreted.

## Results

The results were presented in a PRISMA flow diagram<sup>12</sup> (Figure 1), describing the main phases of the systematic review, which are: identification, screening, eligibility and included.

**Figure 1. Flow chart of triage of studies. This flowchart is according PRISMA Statement 2009<sup>12</sup>.**

The searches in the databases resulted in 669 articles and after the application of the criteria inclusion, 647 studies were excluded. Among the reasons of exclusion, there was the use of another physical method, such as laser, nano-particle emitters, scaller, softwares or use of non-therapeutic ultrasound for diagnosis. A total of 65 studies passed in the first three phases of filtering, and after reading the full texts, another 43 works were eliminated.

Regarding the exclusive presence of another cell line (such as chondrocytes, macrophages, mesenchymal cells, osteoblasts, cardiac myocytes, mammary adipocytes, stromal cells, myofibroblasts, liposomes, odontoblasts, osteocytes, macrophages, phagocytes, fibronectin, osteoclasts), of tissue (vascular, tumor, muscle, cartilage, bacteria, tooth, venous ulcer, gum, vertebral disc, dentine, collagen, skin) and of experimental models (*in vivo*, with titanium association, biomaterials, nanoparticles, tissue engineering, measurement of attenuation, of temperature variation and wave propagation), in both stages of sorting, 156 and 28 works were excluded, respectively.

Furthermore, with regard to revisions, manuals, event summaries and consensus, 10 manuscripts were retained and finally, it has been also withdrawn three articles that appeared in another language (Chinese).

It is worth mentioning that the inclusion of the studies was conditioned by the absence incomplete outcomes due to missing data, any other loss involving the laboratory routine of the cell culture with its relevant weights or other easily detectable possible bias problems, to rule out the possibility of low methodological rigor and thus achieve more credible results.

Regarding the critical evaluation of the studies, since the methodology in question does not meet the criteria of available classifications (experimental studies in animals or clinical trials) it was not possible to

calculate the final bias, since these are cell studies *in vitro*. In this sense, as the available information was not sufficient to classify the methodological aspect as having a high or low risk of bias, the domain receives the uncertain risk classification.

Then, after a wide search, a total of 22 articles were selected for this review, summarized and displayed in a chart (Table 2) to qualitative analysis. The selected studies observed the ultrasound action on rats and mice<sup>15-18,19,21-27,29-31,33</sup>, hamsters<sup>28</sup>, rabbits<sup>32</sup> and humans<sup>13,14,19,20,28</sup>.

In relation to TUS parameters, it was observed the most diverse dosimetries, in such a way that the doses varied from 0.002 to 2 W/cm<sup>2</sup>, and in frequencies of transducer there was the prevalence of 0.02 MHz (20 kHz)<sup>29</sup> over the 3 MHz<sup>30,31</sup>, and another study did not mention this last parameter<sup>32</sup>.

Concerning the emissions, the pulsed stood out, which appeared in 18 out of 22 analyzed papers, having the other ones approached together the continuous and pulsed emissions, or not reporting the type of emission used<sup>14,18,26,31,32</sup>. Regarding the treatment time, it was analyzed short-term duration applications from 10 seconds to 60 minutes.

The Table 2 also shows that the biological effects promoted were bigger DNA<sup>13</sup> and protein<sup>5</sup> synthesis, a significant increase of cell proliferation<sup>18,22,27,29,32,33</sup> and incidence of micronucleus<sup>30</sup>, reorganization of actin cytoskeleton<sup>13</sup>, endocytic cell activity<sup>20</sup>, improvement in the efficiency of membrane permeability<sup>27,31</sup>, increasing in gene transfer rate<sup>15</sup>, of potential of osteogenic differentiation<sup>19</sup> and of the reticulum activity<sup>5</sup>, as well as the amplification of vacuoles in cytoplasm<sup>14</sup>, of Ca<sup>+2</sup> available<sup>21</sup>, of collagen contents and glycosaminoglycan<sup>25</sup>, of the transfection of microbubbles rate<sup>26</sup>, the size of the molecules of entry<sup>31</sup>, and finally the induction of focal adhesion<sup>24</sup> and efficiency in absorption<sup>31</sup>.

**Table 2. Relation of scientific articles found with their respective cell lines, ultrasonic parameters and biological effects.**

Study	Cell Line	Ultrasound Parameters	Biological effects
Zhou <i>et al.</i> , 2004 <sup>13</sup>	Human foreskin fibroblasts	F: 1.5 MHz; I: 30 mW/cm <sup>2</sup> ; DC: 20%; TE: 6 or 11 min	+/-
Lai and Pittelkow, 2007 <sup>14</sup>	Fibroblasts neonatal foreskin	F: 40 kHz (mist) 1.0 cm from the cell culture; I: 0.002 W/cm <sup>2</sup> ; TE: 7, 15 and 30s	+/-
Chen <i>et al.</i> , 2007 <sup>15</sup>	3T3-MDE1 (Embryonic mouse fibroblast), C2C12 e CHO	F: 1 MHz; DC: 20%; I: from 0.5 to 2 W/cm <sup>2</sup> ; TE: 5 to 80 s.	+/-
Oliveira <i>et al.</i> , 2008 <sup>16</sup>	Mouse fibroblast (L929)	F: 1 MHz; I: 0.2 e 0.6 W/cm <sup>2</sup> ; DC: 10 and 20%; TE: 2 min;	+
Oliveira <i>et al.</i> , 2008 <sup>17</sup>	Mouse fibroblast (L929)	F: 1 MHz; I: 0.1, 0.2, 0.6, 0.8, 1.0 and 2.0 W/cm <sup>2</sup> ; DC: 10 and 20%; TE: 2 min	+/-
Tomankova <i>et al.</i> , 2009 <sup>18</sup>	NIH3T3 (mouse fibroblast cells) and B16FO (mouse melanoma cells)	F: 1 MHz; I: 2 W/cm <sup>2</sup> ; TE: 10 min; control group; DC: did not report	+/-
Mostafa <i>et al.</i> , 2009 <sup>19</sup>	Human gingival fibroblasts (HGF)	F: 1.5 MHz; I: 30 mW/cm <sup>2</sup> ; DC: pulsed; TE: 5 or 10 min	+/-
Pires-Oliveira <i>et al.</i> , 2009 <sup>5</sup>	Mouse fibroblast (L929)	F: 1 MHz; I: 0.2 e 0.6 W/cm <sup>2</sup> ; DC: 10 and 20%; TE: 2 min;	+
Hauser <i>et al.</i> , 2009 <sup>2</sup>	Human foreskin fibroblasts	F: 1.5 MHz; I: 30 mW/cm <sup>2</sup> ; DC: 20%; TE: 6 min	+/-
Tsukamoto <i>et al.</i> , 2011 <sup>21</sup>	Mouse fibroblast (L929)	F: 1 MHz; pressure amplitude 0.4 MPa (peak to peak); DC: 20%; TE: 60s	+/-
Oliveira <i>et al.</i> , 2011 <sup>22</sup>	Mouse fibroblast (L929)	F: 1 MHz; I: 0.2 e 0.6 W/cm <sup>2</sup> ; DC: 10 and 20%; TE: 2 min	+/-
Grimaldi <i>et al.</i> , 2011 <sup>23</sup>	Murine fibroblasts (NIH-3T3)	F: 1 MHz; I: 307 and 46 mW/cm <sup>2</sup> ; DC: 75%; TE: 5, 15, 30, 45 and 60 min;	+/-
Roper <i>et al.</i> , 2012 <sup>24</sup>	Mouse embryonic fibroblasts (MEFs)	F: 1.5 MHz; I: 30 mW/cm <sup>2</sup> ; DC: 20%; TE: 0, 10, 30 and 60 min	+
Bohari <i>et al.</i> , 2012 <sup>25</sup>	3T3 mouse fibroblasts	F: 1 MHz; I: 0.2 W/cm <sup>2</sup> ; DC: 20%; TE: 5 min;	+/-
Zhang <i>et al.</i> , 2012 <sup>26</sup>	Mouse embryonic fibroblast cells (NIH3T3)	I: 0–11 W/cm <sup>2</sup> , pulse repetition frequency (PRF, 50–50.000 Hz), duty ratio (10 to 50%), TE: 0–120s, and microbubble volume concentration (0 to 10%)	+/-
Domenici <i>et al.</i> , 2013 <sup>27</sup>	Murine fibroblasts (NIH-3T3)	F: 1 MHz; I: 11.8, 15.2 and 19.3 mW/cm <sup>2</sup> ; DC: 75%; TE: 5, 15, 30, 45 and 60 min;	+
Duvshani-Eshet <i>et al.</i> , 2013 <sup>28</sup>	Human foreskins fibroblasts and baby hamster kidney	F: 1 MHz; I: 2 W/cm <sup>2</sup> ; DC: 30%; TE: 30 min;	+/-
Samuels <i>et al.</i> , 2013 <sup>29</sup>	3T3 mouse fibroblasts	F: 20 kHz; I: 50 and 200 mW/cm <sup>2</sup> ; DC: 10% and 20%; TE: 15 min	+/-
Udroiu <i>et al.</i> , 2014 <sup>30</sup>	Murine fibroblasts (NIH-3T3)	F: 1 and 3 MHz; I: 7.1, 11.8, 15.2 and 19.3 mW/cm <sup>2</sup> (for the 1 MHz exposure); 1.0, 4.9 and 7.0 mW/cm <sup>2</sup> (for the 3 MHz exposure); DC: 75%; TE: 5, 15, 30, 45 and 60 min;	+/-
Domenici <i>et al.</i> , 2014 <sup>31</sup>	Murine fibroblasts (NIH-3T3)	F: 1 and 3 MHz; TE: 5, 15, 30, 45 and 60 min; DC: 75% for 1 MHz and 100% for 3 MHz; I: 0.11, 0.12 and 0.09 W/cm <sup>2</sup> (for 1 MHz); 0.01, 0.04 and 0.06 W/cm <sup>2</sup> (for 3 MHz)	+/-
Li <i>et al.</i> , 2015 <sup>32</sup>	Fibroblasts of rabbit ears scar	F: did not report; I: 0.5 W/cm <sup>2</sup> TE: 10, 30, 60, 90s;	+/-
Oliveira <i>et al.</i> , 2015 <sup>33</sup>	Mouse fibroblast (L929)	F: 1 MHz; I: 0.3 e 0.5 W/cm <sup>2</sup> ; TE: 2 min; DC: 10 and 20%	+/-

Exposure time (TE), Minutes (min), Seconds (s), Duty Cycle (DC), Intensity (I), Frequency (F), (+) present or statistically significant, (-) absent or not statistically significant.

On the other hand, in these papers, the inhibitory effects or the effects which did not have significant statically results comprehended the non-significant increase of cellular viability<sup>29,33</sup> or a significant decrease on the number of cells<sup>15,17,25,26,30-32</sup>, absence of significant alterations on the Collagen-I expression<sup>19</sup>, on the observed morphology<sup>14</sup> or on the actin fibers<sup>28</sup>, and even, the rupture of cell membrane<sup>21</sup>. Specifically, on high intensities, there was fast collapse of cell membranes<sup>26</sup>, besides the loss of adhesion, plasmatic membrane retractions and verification of cellular fragmentation<sup>17</sup>.

Due to the heterogeneity of the obtained database, with different cell types, treatment doses and several methods of analysis, it was not possible to carry out the statistical analysis for a meta-analysis.

## Discussion

The main results of this systematic review show that still exists a gap in standardization of dosimetries of ultrasonic therapy and its respective correlations with biological effects on fibroblast cells *in vitro*,

due to the scarce available literature found with scientific evidences referring to the subject.

Such divergences about the biological responses appear on the studies frequently, due to the lack of agreement in relation to the intensities, time of application and type of pulse<sup>5,13-33</sup>. As can be seen on Zhou *et al.*<sup>13</sup> experiments, made on human fibroblasts, in which the low intensities of TUS, spite of inducing the DNA synthesis, did not activate EGFR (epidermal growth factor receptor), with periods of 6 or 11 minutes and 30 mW/cm<sup>2</sup> intensity or in the study of Hauser *et al.*<sup>20</sup>, which triggered a peak in metabolism by means of endocytotic vesicles.

In contrast, Lai and Pittelkow<sup>14</sup> with similar line cell and dose of 0.002 W/cm<sup>2</sup>, reported the absence of difference in morphology and mitosis activities between the treated cells and controls, except on the activation of keratinocyte growth factor (KGF), of c-Jun N-terminal Kinase (JNK) and of extracellular regulated Kinase (ERK), however, with expositions of 7, 15 and 30 seconds. Yet, with higher intensities (2 W/cm<sup>2</sup>) and longer irradiation time (30 minutes), other authors did not observe relevant impacts on actin fibers in human fibroblasts<sup>28</sup>.

On the other hand, in fibroblast culture of rabbit ears, the control group, only with ultrasound (I: 0.5 W/cm<sup>2</sup>; TE: 10s), presented a high survival rate, but, in 30, 60 or 90 seconds there was a decrease of survival levels, pointing a "dose-effect" relation between the treatment durability established and apoptosis<sup>32</sup>.

At the same time, several authors studied the TUS influence using fibroblasts from rats, and, not differently from others, presented many results<sup>15,18,23-31,33</sup>. Like Grimaldi *et al.*<sup>23</sup>, who showed a sensibility of these treated cells (1MHz; 307 and 46 mW/cm<sup>2</sup>; 75%; 5, 15, 30, and 60 minutes) and the lack of association with nuclear division rate in these experimental conditions.

As well as Domenici *et al.*<sup>27</sup>, differing the last one only in intensity (11.8, 15.2 and 19.3 mW/cm<sup>2</sup>), concluded that the lipid membrane alterations, with consequent high efficiency on molecular absorption by cellular permeability, are related to the sub cavitation manners applied. Still, in tests with 3 MHz frequency, other researchers pointed that the fibroblasts did not present improvements on absorption efficiency (0.01, 0.04 and 0.06 W/cm<sup>2</sup>)<sup>31</sup> or positive cellular viability, with analog time to the former ones (1.0, 4.9 and 7.0 mW/cm<sup>2</sup>)<sup>30</sup>.

Considering these facts, it is important to highlight the remarkable presence of the bioeffects with the use of equipment with a frequency of 1 MHz<sup>18,21,22,25,28,33</sup> or even with 20 kHz and, even when compared to 3 MHz<sup>29</sup>, some authors verified more expressive results with 1 MHz and, they argue, that it is due to the fact that the energy that reaches the cell monolayer is smaller with 3 MHz, as well as they indicate that the loss of energy imposed by the attenuation, absorption, reflection and refraction<sup>30,31</sup>, since these transferred behaviors to the tissues are intrinsic to both kind of TUS, mechanic and thermic<sup>25</sup>.

When the applied doses were higher (2W/cm<sup>2</sup>), having as examples researches done by Tomankova *et al.*<sup>18</sup>, specifically the negative control group of NIH-3T3 demonstrated a bigger percent of viable cells than its control, confronting data from Chen *et al.*<sup>15</sup>, in which this number decreased drastically.

In the meantime, on mice fibroblasts studies, the main results showed low and medium intensities (F: 1 MHz; I: 0.2, 0.3, 0.5 and 0.6 W/cm<sup>2</sup>; DC: 10 and 20%, TE: 2 min), with reflection on the cell proliferation

extension<sup>16,17,33</sup>, of the endoplasmic reticulum performance and protein synthesis, being these dosimetries considered beneficial for this biological tissue activity<sup>5,16,17,33</sup>, but with no exact definition of which is the most indicated dose<sup>5,16,17,33</sup>. However, with 0.08, 1.0 and 2.0W/cm<sup>2</sup>, there was a cell growth limitation, appearance of morphologic deformation (membrane retraction) or even, the complete loss of adhesion and cell destruction<sup>17</sup>.

Lastly, the findings of this study express that the biophysical properties of ultrasound may unleash biological effects on different biological tissues in different ways. But, due to the heterogeneity of results, there is the necessity of a broader investigation so that these mechanisms can be clearly elucidated.

## Conclusion

The analysis of the selected articles for this systematic review shows that the scientific basis is not enough to stablish the real effects and dosimetric parameters of therapeutic ultrasonic irradiation on the process of restoration of fibroblast cells *in vitro*, due to the lack of generalization and conflict of found results. Hence, new studies should be done aiming at the protocol standardization and its interaction with the biological tissue concerned.

## Limitations

The authors assume the risk of language bias due to the exclusion of articles published in Chinese.

## Bibliography

1. Cameron MH, Monroe L. Relative Transmission of Ultrasound by Media Customarily Used for Phonophoresis. *Physical Therapy*. 1992;72:142-8.
2. Fréz AR, Ariza D, Ferreira JRL, Alves EPB, Breda GR, Centauro, LA, et al. Efeito do ultrassom terapêutico contínuo em placas epifisárias de coelhos. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(3):150-2.
3. Farcic TS, Lima RMCB, Machado AFP, Baldan CS, Villicev C, Esteves J, et al. Aplicação do ultrassom terapêutico no reparo tecidual do sistema musculoesquelético. *Arq Bras de Ciênc da Saúde*. 2012;37(3):149-53.
4. Mitragotri S. Healing sound: the use of ultrasound in drug delivery and other therapeutic applications. *Nature Reviews*. 2005;4:255-60.
5. Pires-Oliveira DAA, Oliveira FR, Magini M, Zangaro RA, Pacheco-Soares C. Assessment of Cytoskeleton and Endoplasmic Reticulum of Fibroblast Cells Subjected to Low-Level Laser Therapy and Low-Intensity Pulsed Ultrasound. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2009;27(3):461-6.
6. Naruse K, Mikuni-Takagaki Y, Azuma Y, Ito, M, Oota, T, Kameyama, K, et al. Anabolic response of mouse bone-marrow derived stromal cell clone to low-intensity pulsed ultrasound. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2000;268:216-20.
7. Miyamoto K, An HS, Sah RL, Akeda K, Okuma M, Otten L, et al. Exposure to pulsed low intensity ultrasound stimulates extracellular matrix metabolism of bovine intervertebral disc cells cultured in alginate beads. *Spine*. 2005;30(21):2398-405.
8. Johns LD. Nonthermal effects of the therapeutic ultrasound: the frequency resonance hypothesis. *J Athl Train*. 2002;37(3):293-9.
9. Johns LD, Straub S, Howard SM. Analysis of effective radiating area, power, intensity, and sield characteristics of ultrasound transducers. *Phys Med Rehabil*. 2007;88:124-9.
10. Artilheiro PP, Oliveira EN, Viscardi CS, Martins MD, Bussadori SK, Fernandes KPS, et al. Efeitos do ultra-som terapêutico contínuo sobre a proliferação e viabilidade de células musculares C2C12. *Fisioter e Pesq*. 2010;17:167-72.
11. Baker KG, Robertson VJ, Duck FA. A Review of Therapeutic Ultrasound: Biophysical Effects. *Phys Ther*. 2001;81:1351-8.



12. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med.* 2009;6(6):e1000097.
13. Zhou S, Schmelz A, Seufferlein T, Zhao J, Max G. Molecular mechanisms of low intensity pulsed ultrasound in human skin fibroblasts. *J Biol Chem.* 2004;279(52):54463-9.
14. Lai J, Pittelkow MR. Physiological effects of ultrasound mist on fibroblasts. *International Journal of Dermatology.* 2007;46:587-93.
15. Chen Y, Huang D, Li K, Zhihui W, Kai H, Fen W, et al. Ultrasound and Microbubbles: Their Functions in Gene Transfer *In Vitro*. *Journal of Huazhong University of Science and Technology.* 2007;27(4):479-82.
16. Oliveira RF, Oliveira DAAP, Monteiro W, Zangaro RA, Magini M, Pacheco-Soares C. Comparison between the effect of low level laser therapy and low intensity pulsed ultrasonic irradiation *in vitro*. *Photomed Laser Surg.* 2008;26:6-9.
17. Oliveira RF, Oliveira DAAP, Machado AHA, Silva NS, Magini M, Pacheco-Soares C. Assessment of fibroblast cells submitted to ultrasonic irradiation. *Cell Biol Int.* 2008;32:1329-35.
18. Tomankova K, Kolarova H, Kolar P, Kejlava K, Jirova D. Study of cytotoxic effect of photodynamically and sonodynamically activated sensitizers *in vitro*. *Toxicology in Vitro.* 2009;23:1465-71.
19. Mostafa NZ, Uludag H, Dederich DN, Dosxhak MR, El-Bialy TH. Anabolic effects of low-intensity pulsed ultrasound on human gingival fibroblasts. *Archives of Oral Biology.* 2009;54:743-8.
20. Hauser J, Ellisman M, Steinau HU, Stefan E, Dudda M, Hauser M. Ultrasound enhanced endocytotic activity of human fibroblasts. *Ultrasound in Medicine and Biology.* 2009;35(12):2084-92.
21. Tsukamoto A, Higashiyama S, Yoshida K, Watanabe Y, Furukawa KS, Ushida T. Stable cavitation induces increased cytoplasmic calcium in L929 fibroblasts exposed to 1-MHz pulsed ultrasound. *Ultrasonics.* 2011;51:982-90.
22. Oliveira RF, Pires-Oliveira DAA, Soares CP. Effect of low-intensity pulsed ultrasound on L929 fibroblasts. *Arch Med Sci.* 2011;7(2):224-9.
23. Grimaldi P, Giambattista LD, Giordania S, Udroui I, Pozzi D, Gaudenzi S, et al. Ultrasound-mediated structural changes in cells revealed by FTIR spectroscopy: A contribution to the optimization of gene and drug delivery. *Spectrochimica Acta.* 2011;84:74-85.
24. Roper J, Harrison A, Bass MD. Induction of Adhesion-dependent Signals Using Low-intensity Ultrasound. *Journal of Visualized Experiments.* 2012;63(e4024):1-6.
25. Bohari SPM, Grover LM, Hukins DWL. Pulsed-low intensity ultrasound enhances extracellular matrix production by fibroblasts encapsulated in alginate. *J Tissue Eng.* 2012;3(1):1-7.
26. Zhang Y, Tachibana R, Okamoto A, Azuma T, Sasaki A, Yoshinaka K, et al. Ultrasound-mediated gene transfection *in vitro*: Effect of ultrasonic parameters on efficiency and cell viability. *Int. J. Hyperthermia.* 2012;28(4):290-9.
27. Domenici F, Giliberti C, Bedini A, Palomba R, Luongo F, Sennato S, et al. Ultrasound well below the intensity threshold of cavitation can promote efficient uptake of small drug model molecules in fibroblast cells. *Drug Deliv.* 2013;20(7):285-95.
28. Duvshani-Eshet M, Haber T, Machluf M. Insight concerning the mechanism of therapeutic ultrasound facilitating gene delivery: Increasing cell membrane permeability or interfering with intracellular pathways? *Human Gene Therapy.* 2013;25:156-64.
29. Samuels JA, Weingarten MS, Margolis DJ, Zubkov L, Sunny Y, Bawiec CR, Conover D, and Lewin PA. Low-frequency (<100 kHz), low-intensity (<100 mW/cm<sup>2</sup>) ultrasound to treat venous ulcers: A human study and *in vitro* experiments. *The Journal of the Acoustical Society of America.* 2013;134:1541-5.
30. Udroui I, Domenici F, Giliberti C, Bedini A, Palomba R, Luongo F, Castelan AC. Potential genotoxic effects of low-intensity ultrasound on fibroblasts, evaluated with the cytokinesis-block micronucleus assay. *Mutation Research.* 2014;772:20-4.
31. Domenici F, Giliberti C, Bedini A, Palomba R, Udroui, Giambattista LD. Structural and permeability sensitivity of cells to low intensity ultrasound: Infrared and fluorescence evidence *in vitro*. *Ultrasonics.* 2014;54:1020-8.
32. Li W, Fei JF, Yang Q, Li B, Lin C, Yue Q, Meng QG. Acute toxic effects of sonodynamic therapy on hypertrophic scar fibroblasts of rabbit ears. *Genetics and Molecular Research.* 2015;14(2):4203-14.
33. Oliveira PD, Pires-Oliveira DAA, Pacheco-Soares C, Martignago CC, Poli-Frederico RC, Oliveira RF. Effect of low-intensity pulsed ultrasound therapy on a fibroblasts cell culture. *Fisioter Pesq.* 2015;22(2):112-8.



## FUNDAMENTOS DEL BALONCESTO

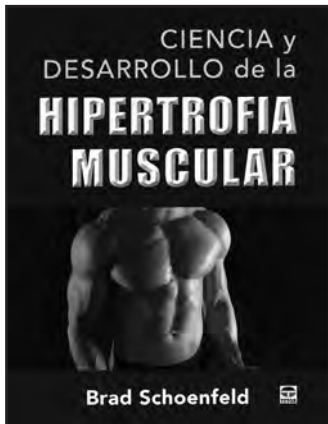
Por: Ryan Goodson  
Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.  
Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.  
Telf. 915 599 832 - Fax. 915 410 235  
E-mail: [info@edicionestutor.com](mailto:info@edicionestutor.com) Web: [www.edicionestutor.com](http://www.edicionestutor.com)  
Madrid 2017, 256 páginas, P.V.P: 19,95 euros

Con este libro se aprende practicando. Las secuencias de instrucciones y las fotografías detalladas guiarán al lector para aplicar las técnicas y tácticas del juego: tiro interior y tiro exterior, pases, dribbling, defensa, rebotes, etc. Además de los elementos básicos, este

manual ofrece el material didáctico para aumentar el repertorio de destrezas y usar esas tácticas para mejorar los resultados en los partidos.

Incluye más de 100 de los mejores ejercicios para perfeccionar el juego y mejorar el rendimiento. Contiene todo lo

necesario para aumentar el conocimiento del juego, de las estrategias ofensivas y defensivas, y de las jugadas de eficacia probada. Esta obra es la mejor forma de aprender los aspectos básicos en menos tiempo. Una guía única que enseña las destrezas y a amar el juego.



## CIENCIA Y DESARROLLO DE LA HIPERTROFIA MUSCULAR

Por: Brad Schoenfeld  
Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.  
Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.  
Telf. 915 599 832 - Fax. 915 410 235  
E-mail: [info@edicionestutor.com](mailto:info@edicionestutor.com) Web: [www.edicionestutor.com](http://www.edicionestutor.com)  
Madrid 2017, 224 páginas, P.V.P: 39,95 euros

Esta obra es una recopilación exhaustiva de principios, basados en la ciencia, para ayudar a los profesionales en el desarrollo de la hipertrofia muscular de sus atletas y clientes. Con más de 825 referencias y directrices prácticas a lo largo de su texto, no existe otro libro que ofrezca una cantidad comparable de contenido sobre este tema. Los lectores encontrarán en él una infor-

mación actualizada con la que podrán comprender la ciencia de la hipertrofia muscular y sus aplicaciones para diseñar programas de entrenamiento.

Escrito por Brad Schoenfeld, autoridad eminente en hipertrofia muscular, este texto proporciona a los profesionales de la fuerza y del acondicionamiento, a los entrenadores personales, a los científicos del deporte, a los investiga-

dores y a los instructores de la ciencia del ejercicio la fuente definitiva de información relativa a la hipertrofia muscular: los mecanismos de su desarrollo, cómo cambia estructural y hormonalmente el organismo cuando se le expone al estrés, las vías más efectivas para diseñar programas en entrenamiento y las normas habituales de alimentación para provocar los cambios hipertrofos.



## FLUIR (FLOW) EN LOS CORREDORES

Por: Mihaly Csikszentmihalyi, Philip Latter, Christine Weinkauff Duransó  
Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.  
Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.  
Telf. 915 599 832 - Fax. 915 410 235  
E-mail: [info@edicionestutor.com](mailto:info@edicionestutor.com) Web: [www.edicionestutor.com](http://www.edicionestutor.com)  
Madrid 2017, 208 páginas, P.V.P: 19,95 euros

Si se le pregunta a cualquier corredor comprometido, este dirá que para el éxito en el deporte es fundamental tener una buena salud emocional y mental. La capacidad de suscitar un estado mental de flujo es algo a lo que el doctor Mihaly Csikszentmihalyi ha dedicado toda su vida académica. Esta obra de referencia es el primer libro dedicado a

que los corredores alcancen el estado de flujo en los entrenamientos y las competiciones.

El lector hallará un estudio exhaustivo del fenómeno, ejercicios prácticos que no encontrará en ningún otro libro y que ayudarán a favorecer dicho estado, y relatos de primera mano de corredores de élite sobre sus experiencias con el estado

de flujo. Las barreras psicológicas asociadas con el entrenamiento y la competición pueden ser tan exigentes como las físicas. Este libro está destinado a ser un clásico en la bibliografía del *running* y a abrir la mente del lector, no solo para que mejore su rendimiento y sus actuaciones, sino también para que disfrute de mejores experiencias, más sanas y agradables.

<b>2018</b>		
<b>The Nutrition in Athlete Development Summit 2018</b>	1-2 Marzo Madrid	web: <a href="http://vonlanthengroup.com/en/events/nutrition-in-athlete-development-summit.htm">http://vonlanthengroup.com/en/events/nutrition-in-athlete-development-summit.htm</a>
<b>2nd Annual International Musculoskeletal Medicine Congress</b>	2 Marzo Dubai (Emiratos Árabes Unidos)	web: <a href="http://www.cvent.com/events/dubai-international-musculoskeletal-medicine-congress">http://www.cvent.com/events/dubai-international-musculoskeletal-medicine-congress</a>
<b>I Congreso internacional sobre prescripción y programación de deporte y de ejercicio en la enfermedad crónica</b>	8-9 Marzo Murcia	web: <a href="https://eventos.ucam.edu/event_detail/14741/programme/i-congreso-internacional-sobre-prescripcion-y-programacion-de-deporte-y-de-ejercicio-en-la-enfermedad.html">https://eventos.ucam.edu/event_detail/14741/programme/i-congreso-internacional-sobre-prescripcion-y-programacion-de-deporte-y-de-ejercicio-en-la-enfermedad.html</a> / <a href="http://www.femede.es/page.php?/interno/OtrasActividades">http://www.femede.es/page.php?/interno/OtrasActividades</a>
<b>36 Congress International Society for Snowsports Medicine</b>	13-15 Marzo Arosa (Suiza)	web: <a href="http://www.sitemsh.org/">http://www.sitemsh.org/</a>
<b>II Jornadas Nacionales SETRADE</b>	15-16 Marzo Vitoria	<a href="http://www.setrade.org/congresos/jornadasvitoria2018/">http://www.setrade.org/congresos/jornadasvitoria2018/</a>
<b>Conference on Mental Health in Sport</b>	21 Marzo Milton Keynes (Reino Unido)	web: <a href="http://www.open.ac.uk/blogs/OU-Sport/?p=1641">http://www.open.ac.uk/blogs/OU-Sport/?p=1641</a>
<b>15th International Scientific Conference and 14th annual Congress of the Montenegrin Sports Academy</b>	12-15 Abril Bubva (Montenegro)	web: <a href="http://csakademija.me/conference/">http://csakademija.me/conference/</a>
<b>World Congress on Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases</b>	19-22 Abril Cracovia (Polonia)	web: <a href="http://www.wco-iof-esceo.org/">www.wco-iof-esceo.org/</a>
<b>14º Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Salud</b>	3-5 Mayo Pontevedra	web: <a href="http://www.sportis.es/congresos">www.sportis.es/congresos</a>
<b>18th ESSKA Congress</b>	9-12 Mayo Glasgow (Reino Unido)	web: <a href="http://esska-congress.org/">http://esska-congress.org/</a>
<b>III Congreso Internacional y IV Nacional de Hidratación</b>	13 Mayo Bilbao	web: <a href="http://hydration2018.cieah.ulpgc.es/programa.asp">http://hydration2018.cieah.ulpgc.es/programa.asp</a>
<b>56 Congreso SERMEF</b>	16-19 Mayo Gijón-Asturias	web: <a href="http://www.sermef.es">www.sermef.es</a>
<b>7th World Conference on Women and Sport</b>	17-20 Mayo Gaborone (Bostwana)	web: <a href="http://www.icsspe.org/sites/default/files/e8_7TH%20IWG%20Conference%20docx.pdf">www.icsspe.org/sites/default/files/e8_7TH%20IWG%20Conference%20docx.pdf</a>
<b>ICAS 2018: 20th Int. Conference on Adolescent Sports</b>	24-25 Mayo Montreal (Canadá)	web: <a href="https://www.waset.org/conference/2018/05/montreal/ICAS">https://www.waset.org/conference/2018/05/montreal/ICAS</a>
<b>XXII Curso Asoc. Española Med. del Fútbol</b>	25-26 Mayo Málaga	web: <a href="http://www.aemef.org/es/">http://www.aemef.org/es/</a>
<b>19th EFORT Congress</b>	30 Mayo-1 Junio Barcelona	web: <a href="https://www.efort.org/barcelona2018/">https://www.efort.org/barcelona2018/</a>
<b>XXVII Isokinetic Medical Group conference: "Football medicine outcomes. Are we winning?"</b>	2-4 Junio Barcelona	E-mail: <a href="mailto:conference@isokinetik.com">conference@isokinetik.com</a> web: <a href="http://www.footballmedicinestrategies.com">www.footballmedicinestrategies.com</a>

## Agenda

<b>5th International Congress of Exercise and Sport Sciences</b>	5-10 Junio Netanya (Israel)	web: <a href="https://events.eventact.com/EventsList/5sportsceince2017/General-Information">https://events.eventact.com/EventsList/5sportsceince2017/General-Information</a>
<b>20th Int. Conference on Women and Sport</b>	6-7 Junio San Francisco (EEUU)	web: <a href="http://www.waset.org/conference/2018/06/san-francisco/ICWS">www.waset.org/conference/2018/06/san-francisco/ICWS</a>
<b>Curso nacional de rehabilitación en deformidades del raquis</b>	14-15 Junio Barcelona	web: <a href="http://www.aulavhebron.net/aula/index.php?go=info_cursos&amp;curso=110&amp;idioma=es">www.aulavhebron.net/aula/index.php?go=info_cursos&amp;curso=110&amp;idioma=es</a>
<b>XXIX Jornadas AEMB</b>	28-30 Junio Barcelona	web: <a href="https://aemeb.es/barcelona2018/">https://aemeb.es/barcelona2018/</a>
<b>European Congress of Adapted Physical Activity (EUCAPA)</b>	3-5 Julio Worcester (Reino Unido)	Andrea Faull. E-mail: <a href="mailto:a.faull@worc.ac.uk">a.faull@worc.ac.uk</a> Ken Black. E-mail: <a href="mailto:k.black@worc.ac.uk">k.black@worc.ac.uk</a>
<b>23rd Annual Congress of the European College of Sport Science</b>	4-7 Julio Dublín (Irlanda)	web: <a href="http://www.ecss-congress.eu/2018/">www.ecss-congress.eu/2018/</a>
<b>World Congress of Biomechanics</b>	8-12 Julio Dublín (Irlanda)	web: <a href="http://wcb2018.com/">http://wcb2018.com/</a>
<b>12th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine (ISPRM)</b>	8-12 Julio París (Francia)	web: <a href="http://isprm2018.com/">http://isprm2018.com/</a>
<b>The Annual World Congress of Orthopaedics</b>	25-27 Julio Milán (Italia)	web: <a href="http://www.bitcongress.com/wcort2018/">http://www.bitcongress.com/wcort2018/</a> / <a href="http://www.bitcongress.com/wcort2018/programlayout.asp">http://www.bitcongress.com/wcort2018/programlayout.asp</a>
<b>World Congress of the Association Internationale des Ecoles Supérieures d'Éducation Physique (AIESEP)</b>	25-28 Julio Edimburgo (Reino Unido)	web: <a href="http://aiesep.org/">http://aiesep.org/</a>
<b>XXXV Congreso Mundial de Medicina del Deporte</b>	12-15 Septiembre Rio de Janeiro (Brasil)	web: <a href="http://www.fims.org">www.fims.org</a>
<b>28° Congress European Society for surgery of the shoulder and the elbow (SECEC-ESSSE)</b>	19-22 Septiembre Ginebra (Suiza)	web: <a href="http://www.secec.org">www.secec.org</a>
<b>55 Congreso SECOT</b>	26-28 Septiembre Valladolid	web: <a href="http://www.secot.es">www.secot.es</a>
<b>5th International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS)</b>	27-29 Septiembre Groningen (Países Bajos)	web: <a href="http://ists2018.com/">http://ists2018.com/</a>
<b>49 Congreso Nacional de Podología</b>	5-6 Octubre Santiago de Compostela	E-mail: <a href="mailto:comiteorganizador@49congresopodologia.com">comiteorganizador@49congresopodologia.com</a> E-mail: <a href="mailto:podologia2018@compostelacongresos.com">podologia2018@compostelacongresos.com</a>
<b>II Congreso de Alimentación, Nutrición y Dietética</b>	6-8 Octubre Madrid	web: <a href="http://www.congresoand.com/2018/">http://www.congresoand.com/2018/</a>
<b>VII Congreso Asociación Hispanoamericana de Médicos del Fútbol</b>	6-8 Octubre Lima (Perú)	web: <a href="http://hispamef.com/">http://hispamef.com/</a>
<b>7º Congreso Mundial del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad</b>	8-10 Noviembre A Coruña	web: <a href="http://www.sportis.es/congresos">www.sportis.es/congresos</a>

<b>XVIII Congreso latinoamericano de Nutrición (SLAN) 2018</b>	11-15 Noviembre Guadalajara (México)	web: <a href="http://www.slaninternacional.org">www.slaninternacional.org</a>
<b>XVII Congreso Nacional de la SEMED-FEMEDE</b>	29 Noviembre-1 Diciembre Toledo	web: <a href="http://www.femede.es">www.femede.es</a>
<b>2019</b>		
<b>2019 AMSSM Annual Meeting</b>	12-17 Abril Houston (EEUU)	web: <a href="https://www.amssm.org/">https://www.amssm.org/</a>
<b>12th Biennial ISAKOS</b>	12-16 Mayo Cancún (México)	web: <a href="http://www.isakos.com">www.isakos.com</a>
<b>24th Annual Congress of the European College of Sport Science</b>	3-6 Julio Praga (Rep. Checa)	E-mail: <a href="mailto:office@sport-science.org">office@sport-science.org</a>
<b>13th Congreso Mundial de la International Society of Physical and Rehabilitation Medicine</b>	9-13 Julio Kobe (Japón)	web: <a href="http://www.isprm.org">http://www.isprm.org</a>
<b>14th International Congress of shoulder and elbow surgery (ICSES)</b>	17-20 Septiembre Buenos Aires (Argentina)	web: <a href="http://www.icses2019.org">www.icses2019.org</a>
<b>5th World Conference on Doping in Sport</b>	5-7 Noviembre Katowice (Polonia)	web: <a href="http://www.wada-ama.org/">http://www.wada-ama.org/</a>
<b>XV Congreso Nacional de Psicología de la Act. Física y del Deporte</b>	Zaragoza	web: <a href="http://www.psicologiadeporte.org">www.psicologiadeporte.org</a>
<b>2020</b>		
<b>25th Annual Congress of the European College of Sport Science</b>	1-4 Julio Sevilla	E-mail: <a href="mailto:office@sport-science.org">office@sport-science.org</a>
<b>XXXVI Congreso Mundial de Medicina del Deporte</b>	24-27 Septiembre Atenas (Grecia)	web: <a href="http://www.globalevents.gr">www.globalevents.gr</a>
<b>2021</b>		
<b>26th Annual Congress of the European College of Sport Science</b>	7-10 Julio Glasgow (Reino Unido)	E-mail: <a href="mailto:office@sport-science.org">office@sport-science.org</a>
<b>22nd International Congress of Nutrition (ICN)</b>	14-19 Septiembre Tokyo (Japón)	web: <a href="http://icn2021.org/">http://icn2021.org/</a>



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

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

## **Curso "ELECTROCARDIOGRAFÍA PARA MEDICINA DEL DEPORTE"**

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (ON-LINE 15/10/2015 A 15/10/2016)  
CON 4,81 CRÉDITOS

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

## **Curso "FISIOLOGÍA Y VALORACIÓN FUNCIONAL EN EL CICLISMO"**

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

## **Curso "AYUDAS ERGOGÉNICAS"**

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

## **Curso "CARDIOLOGÍA DEL DEPORTE"**

ACREDITADO POR LA COMISIÓN DE FORMACIÓN CONTINUADA (VÁLIDA DEL 15/10/2016 AL 15/10/2017) CON  
8,78 CRÉDITOS

Fecha límite de inscripción: 15/06/2017

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

## **Curso "ALIMENTACIÓN, NUTRICIÓN E HIDRATACIÓN EN EL DEPORTE"**

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

## **Curso "ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN EL DEPORTE"**

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

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

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

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

## **Curso "CINEANTROPOMETRÍA PARA SANITARIOS"**

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

## **Curso "CINEANTROPOMETRÍA"**

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

Más información:  
[www.femede.es](http://www.femede.es)

# Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

---

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

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

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

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

## Envío de manuscritos

1. Los trabajos deberán ser remitidos, a la atención del Editor Jefe, escritos a doble espacio en hoja DIN A4 y numerados en el ángulo superior derecho. Se recomienda usar formato Word, tipo de letra Times New Roman tamaño 12. Deberán enviarse por correo electrónico a la dirección de FEMEDE: femede@femede.es.
2. En la primera página figurarán exclusivamente y por este orden los siguientes datos: título del trabajo (español e inglés), nombre y apellidos de los autores en este orden: primer nombre, inicial del segundo nombre si lo hubiere, seguido del primer apellido y opcionalmente el segundo de cada uno de ellos; titulación oficial y académica, centro de trabajo, dirección completa y dirección del correo electrónico del responsable del trabajo o del primer autor para la correspondencia. También se incluirán los apoyos recibidos para la realización del estudio en forma de becas, equipos, fármacos... Se adjuntará una carta en la que el primer autor, en representación de todos los firmantes del estudio, efectúa la cesión de los derechos de reproducción total o parcial sobre el artículo, en caso de ser aceptado para ser publicado.  
Además, en documento adjunto, el responsable del envío propondrá un máximo de cuatro revisores que el editor podrá utilizar si

lo considera necesario. De los propuestos, uno al menos será de nacionalidad diferente del responsable del trabajo. No se admitirán revisores de instituciones de los firmantes del trabajo.

3. En la segunda página figurará el resumen del trabajo en español e inglés, que tendrá una extensión de 250-300 palabras. Incluirá la intencionalidad del trabajo (motivo y objetivos de la investigación), la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones. Ha de estar redactado de tal modo que permita comprender la esencia del artículo sin leerlo total o parcialmente. Al pie de cada resumen se especificarán de tres a diez palabras clave en castellano e inglés (keyword), derivadas del *Medical Subject Headings* (MeSH) de la *National Library of Medicine* (disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>).
4. La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:
  - a. Originales: máximo de 5.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
  - b. Revisiones de conjunto: máximo de 5.000 palabras, 5 figuras y 4 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el Editor de la revista.
  - c. Editoriales: se realizarán por encargo del comité de redacción.
  - d. Cartas al Editor: máximo 1.000 palabras.
5. Estructura del texto: variará según la sección a 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.

## Normas de publicación

- b. **REVISIONES DE CONJUNTO:** El texto se dividirá en todos aquellos apartados que el autor considere necesarios para una perfecta comprensión del tema tratado.
- c. **CARTAS AL EDITOR:** Tendrán preferencia en esta Sección la discusión de trabajos publicados en los dos últimos números con la aportación de opiniones y experiencias resumidas en un texto de 3 hojas tamaño DIN A4.
- d. **OTRAS:** Secciones específicas por encargo del comité editorial de la revista.
6. **Bibliografía:** Se presentará en hojas aparte y se dispondrá según el orden de aparición en el texto, con la correspondiente numeración correlativa. En el texto del artículo constará siempre la numeración de la cita entre paréntesis, vaya o no vaya acompañado del nombre de los autores; cuando se mencione a éstos en el texto, si se trata de un trabajo realizado por dos, se mencionará a ambos, y si son más de dos, se citará el primero seguido de la abreviatura "et al". No se incluirán en las citas bibliográficas comunicaciones personales, manuscritos o cualquier dato no publicado. La citación oficial de la revista Archivos de Medicina del Deporte es Arch Med Deporte. Las citas bibliográficas se expondrán del modo siguiente:
  - **Revista:** número de orden; apellidos e inicial del nombre de los autores del artículo sin puntuación y separados por una coma entre sí (si el número de autores es superior a seis, se incluirán los seis primeros añadiendo a continuación *et al.*); título del trabajo en la lengua original; título abreviado de la revista, según el World Medical Periodical; año de la publicación; número de volumen; página inicial y final del trabajo citado. Ejemplo: 1. Calbet JA, Radegran G, Boushel R, Saltin B. On the mechanisms that limit oxygen uptake during exercise in acute and chronic hypoxia: role of muscle mass. *J Physiol.* 2009;587:477-90.
  - **Capítulo en libro:** Autores, título del capítulo, editores, título del libro, ciudad, editorial, año y páginas. Ejemplo: Iselin E. Maladie de Kienbock et Syndrome du canal carpien. En: Simon L, Alieu Y. *Poignet et Medecine de Reeducation.* Londres: Collection de Pathologie Locomotrice Masson; 1981. p. 162-6.
  - **Libro.** Autores, título, ciudad, editorial, año de la edición, página de la cita. Ejemplo: Balius R. *Ecografía muscular de la extremidad inferior. Sistemática de exploración y lesiones en el deporte.* Barcelona. Editorial Masson; 2005. p. 34.
  - **Material electrónico, artículo de revista electrónica:** Ejemplo: Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerg Infect Dis.* (revista electrónica) 1995 JanMar (consultado 0501/2004). Disponible en: <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/eid.htm>
7. **Tablas y Figuras:** Las tablas y figuras se enviarán en archivos independientes en formato JPEG. Las tablas también se enviarán en formato word. Las tablas serán numeradas según el orden de aparición en el texto, con el título en la parte superior y las abreviaturas descritas en la parte inferior. Todas las abreviaturas no estándar que se usen en las tablas serán explicadas en notas a pie de página.

Cualquier tipo de gráficos, dibujos y fotografías serán denominados figuras. Deberán estar numeradas correlativamente según el orden de aparición en el texto y se enviarán en blanco y negro (excepto en aquellos trabajos en que el color esté justificado). La impresión en color tiene un coste económico que tiene que ser consultado con el editor.

Tanto las tablas como las figuras se numerarán con números arábigos según su orden de aparición en el texto.

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

8. La Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE comunicará la recepción de los trabajos enviados e informará con relación a la aceptación y fecha posible de su publicación.
9. ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE, oídas las sugerencias de los revisores (la revista utiliza el sistema de corrección por pares), podrá rechazar los trabajos que no estime oportunos, o bien indicar al autor aquellas modificaciones de los mismos que se juzguen necesarias para su aceptación.
10. La Dirección y Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE no se responsabiliza de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.
11. Envío de los trabajos: ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE. Por correo electrónico a la dirección de FEMEDE: [femede@femede.es](mailto:femede@femede.es). El envío irá acompañado de una carta de presentación en la que se solicite el examen del trabajo para su publicación en la Revista, se especifique el tipo de artículo que envía y se certifique por parte de todos los autores que se trata de un original que no ha sido previamente publicado total o parcialmente.

## Conflicto de intereses

Cuando exista alguna relación entre los autores de un trabajo y cualquier entidad pública o privada de la que pudiera derivarse un conflicto de intereses, debe de ser comunicada al Editor. Los autores deberán cumplimentar un documento específico.

## Ética

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

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

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

# 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](mailto:info@ucam.edu)



**UCAM**  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE MURCIA