

Archivos

de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

181

Volumen 34
Septiembre - Octubre 2017



ORIGINALES

Inactividad física en el tiempo libre y auto percepción del estado de salud de colombianos entre los 18 y 64 años

Changes in the soleus muscular tissue of rats with experimental periodontitis under physical exercise influences

Influence of intermittent aerobic performance on the variables of static and dynamic apnea performances

TOM-Scale: a new method to programme training sessions loads in football

REVISIONES

Rotura del ligamento cruzado anterior en la mujer deportista: factores de riesgo y programas de prevención

Respirar en altitudes extremas. Proyectos científicos "EVEREST" (Primera parte)



Lactate
Scout+

OFERTA
PACK INICIACIÓN



~~440 € + IVA~~

360 € + IVA

Incluye Analizador Lactate Scout +
y 72 tiras reactivas

Ofertas válidas hasta el
30 de Junio del 2017

- :: 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

BIOlaster 
www.biolaster.com

20140 Andoain - 943 300 813

BIOlaster 
www.biolaster.com

 **PLAN
RENOVE**



~~440 € + IVA~~

270 € + IVA *

Incluye Analizador Lactate Scout +
y 72 tiras reactivas

* Con la entrega de un analizador de
Lactato portátil de cualquier marca

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



Sociedad Española de Medicina del Deporte

Junta de Gobierno

Presidente:

Pedro Manonelles Marqueta

Vicepresidente:

Miguel E. Del Valle Soto

Secretario General:

Luis Franco Bonafonte

Tesorero:

Javier Pérez Ansón

Vocales:

Carlos de Teresa Galván

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 (SCImago 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) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

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

Director

Pedro Manonelles Marqueta

Editor

Miguel E. Del Valle Soto

Administración

M^a Ángeles Artázcoz Bárcena

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



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



619 284 022



Archivos

de medicina del deporte

Volumen 34(5) - Núm 181. Septiembre - Octubre 2017 / September - October 2017

Sumario / Summary

Editorial

Dopaje genético. ¿Estamos dispuestos a arriesgar?
Gene doping. Are we willing to risk it?

Raquel Blasco Redondo 256

Originales / Original articles

Inactividad física en el tiempo libre y auto percepción del estado de salud de colombianos entre los 18 y 64 años

Leisure time physical inactivity and self-perception of health status in colombian adults from 18 to 64 years old

Dario Mendoza Romero, Adriana Urbina..... 260

Changes in the soleus muscular tissue of rats with experimental periodontitis under physical exercise influences

Cambios en el tejido muscular del sóleo de las ratas con periodontitis experimental bajo influencia del ejercicio físico

Lidiane Ura Afonso Brandão, Bruna Martinazzo Bortolini, Pedro Henrique de Carli Rodrigues, Ana Claudia Paiva Alegre-Maller, Christian Giampietro Brandão, Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro, Rose Meire Costa Brancalhão, Gladson Ricardo Flor Bertolini, Danielle Shima Luize, Marcela Aparecida Leite, Carlos Augusto Nassar, Patricia Oehlmeyer Nassar 267

Influence of intermittent aerobic performance on the variables of static and dynamic apnea performances

Influencia del rendimiento aeróbico intermitente sobre las variables de rendimiento de la apnea estática y dinámica

Álvaro Cristian Huerta Ojeda, Sergio Andrés Galdames Maliqueo, Rafael Guisado Barrilao, Pablo Andrés Cáceres Serrano, Alejandra Paulina Araya Arancibia, Petar Danko Sironvalle Argandoña..... 274

TOM-Scale: a new method to programme training sessions loads in football

TOM-Scale: un nuevo método para programar las cargas de sesiones de entrenamiento en el fútbol

Alejandro Muñoz López, Blanca de la Cruz, José Naranjo..... 280

Revisiones / Reviews

Rotura del ligamento cruzado anterior en la mujer deportista: factores de riesgo y programas de prevención

Anterior cruciate ligament injury in the female athlete: risk and prevention

África D. Lluna Llorens, Bárbara Sánchez Sabater, Isabel Medrano Morte, Elena M. García García, Sara Sánchez López, Juan F. Abellán Guillén 288

Respirar en altitudes extremas. Proyectos científicos "EVEREST" (Primera parte)

Breathing at extreme altitudes. Scientific projects "EVEREST" (First part)

Eduardo Garrido, Oriol Sibila, Ginés Viscor 293

Libros / Books 298

Agenda / Agenda 299

Normas de publicación / Guidelines for authors 303

Dopaje genético. ¿Estamos dispuestos a arriesgar?

Gene doping. Are we willing to risk it?

Raquel Blasco Redondo

Unidad de Medicina Interna. Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León. Dirección General de Asistencia Sanitaria. Valladolid. Departamento de Nutrición y Bromatología. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid.

El dopaje genético está definido como el uso no terapéutico de genes, elementos genéticos y/o células que tienen la capacidad de mejorar el rendimiento deportivo. Esto se puede conseguir a través de la introducción y la consiguiente expresión de un transgen o bien gracias a la modulación de la actividad de un gen existente para lograr una ventaja fisiológica adicional¹.

Desde 2001, cuando la mejora de las habilidades de los atletas que utilizan los principios de la terapia génica se discutió por primera vez, en la prestigiosa revista *Nature*², el dopaje genético ha sido objeto de muchos debates, algunos de ellos polémicos en cuanto a su prohibición.

El desciframiento del genoma humano ha abierto la puerta a un conjunto amplio de posibilidades para los tratamientos genéticos, así como para las tecnologías que lo desarrollarán. Esto es así no sólo en el ámbito terapéutico sino también en el de las mejoras del rendimiento deportivo. Habida cuenta que la terapia génica es una nueva forma de medicina, y hasta hace poco se puso a prueba sólo en los pacientes con enfermedades terminales, sus consecuencias a largo plazo aún nos son desconocidas. Por lo tanto, las preguntas importantes siguen sin respuesta sobre el posible uso de transgénicos en el contexto del deporte.

Tal vez la pregunta fundamental se refiere a la posibilidad teórica de que los transgénicos utilizados en el dopaje genético inadvertidamente podrían afectar a las células germinales, y producirse alteraciones permanentes, que pueden ser transmitidos a las generaciones futuras. En la actualidad, no existen respuestas definitivas a esta pregunta.

Principios básicos del dopaje genético. Mucho más sencillo de lo que parece

El uso no terapéutico de genes puede modificar la expresión génica de manera que se produzcan proteínas en el organismo que hagan que los músculos crezcan más, se recuperen más rápido y tengan más fuerza. Las proteínas originadas de esta forma serán iguales a las generadas de manera normal por el organismo.

La idea es simple: alterar nuestra composición genética, los ladrillos de lo que estamos hechos, para hacernos más fuertes o más rápidos. Sin embargo, los aspectos prácticos son muy complejos³⁻⁵.

Los terapeutas genéticos agregan un gen sintético al genoma del paciente y lo reintroducen en el organismo a través de un virus desactivado. El nuevo gen es extraído por las células madre del paciente y actúa como tratamiento, incorporado permanentemente en el organismo.

Todavía se trata de un tratamiento raro y altamente especializado, pero el principio es utilizado para la investigación de cualquier variedad de enfermedades, incluyendo aquellas donde se deteriora el músculo. Punto en el cual es más fácil imaginar cómo los atletas se pueden beneficiar de dicho mecanismo.

Tipos de intervenciones genéticas ¿Todas son igual de peligrosas?

En términos generales las intervenciones genéticas pueden ser de dos tipos:

Somáticas

Supone la intervención en las células para modificar el genoma de seres ya existentes a fin de hacerlos más resistentes a ciertas enfermedades o mejorar sus capacidades físicas. En principio, no son variaciones que puedan transmitirse genéticamente de una persona a sus descendientes. Estas serían las que en un principio se aplican (de momento) en el dopaje genético.

A este nivel existen en el momento actual dos posibilidades de utilizar la terapia génica somática para mejorar el rendimiento deportivo:

- *Ex vivo*: Para ello se debe de extraer una estirpe celular al deportista (mediante una biopsia). Se transfiere el gen a esas células, las cuales se volverían a introducir en el organismo. Es un método invasivo (requiere biopsia) pero tiene la gran ventaja de que permite tratar exclusivamente estirpes celulares determinadas (habitualmente estirpes musculares)
- *In vivo*: El gen se transfiere directamente al paciente mediante algún tipo de fármaco. El gen iría en un vector como un virus o plásmido, que inyectarían el ADN modificado en las células del deportista.

Correspondencia: Raquel Blasco Redondo
E-mail: rblasco@saludcastillayleon.es

Modificaciones genéticas en línea germinal

- *Fertilización in vitro*: desarrollo del embrión antes de su implantación y la modificación genética de las células madres embrionarias del feto, por lo que se cambia la información genética del futuro individuo.
- *Clonación*: una célula somática adulta se modifica genéticamente. A continuación, se introduce el núcleo de esta célula modificada en un óvulo que no tiene núcleo y se simula una fecundación, con lo que se genera un embrión que contiene la información genética del adulto inicial, más la modificación genética añadida. Por ahora no se ha aplicado a seres humanos. ... ¿Tenemos pensado realizarla para ser más fuertes, más rápidos, más resistentes?

Y ¿cuáles son los genes candidatos para su uso en el dopaje genético?

Son numerosos, pero probablemente los más conocidos son:

Eritropoyetina: Conseguir aumento de la producción de energía por el metabolismo aeróbico. El mediático Repoxygen

El Repoxygen saltó a los medios de comunicación durante el juicio que se realizó en el año 2006, una terapia genética desarrollada por los laboratorios británicos Oxford Biomedica en el 2002 como un tratamiento muy eficaz para la anemia severa en los procesos neoplásicos y en la insuficiencia renal.

El tratamiento con Repoxygen está basado en la administración intramuscular directa de un virus inactivado que porta el gen de la eritropoyetina. El fármaco, parasita un gen especializado en el ADN de su huésped, en este caso, el gen que es responsable de la síntesis de EPO. En las circunstancias adecuadas, el gen dirige las células para comenzar a hacer eritropoyetina extra (EPO).

La mayoría de los estudios realizados sobre el Repoxygen llegan a la conclusión de que el gen de la EPO inyectada produce mayores niveles circulantes de EPO y un efecto biológico mucho más pronunciado que el gen endógeno en todas las especies estudiadas, mostrando así un gran potencial en estrategias de terapia génica para la EPO⁶⁻⁷.

Factor de crecimiento vascular endotelial (FCEV): El aumento del suministro de oxígeno

El oxígeno es vital para la síntesis de ATP por la respiración aerobia. El oxígeno, como una pequeña molécula, es capaz de difundirse a través de la membrana plasmática de las células endoteliales. Por lo tanto, un aumento de la ramificación vascular promueve una difusión más rápida y efectiva de oxígeno a los tejidos y una mayor disponibilidad de la misma para la producción de energía. El FCEV promueve la ramificación de los vasos preexistentes, de esta forma se aumentaría la capilarización. En el dopaje genético, varias copias del gen que codifica el FCEV se inserta en el músculo, probablemente utilizando vectores virales. Por lo tanto, si tiene éxito en los atletas, la microcirculación muscular, sería estimulada y el suministro de oxígeno a los músculos aumentado⁸.

Factor de crecimiento Insulin-like tipo 1 IGF1: Aumento en el crecimiento y la diferenciación del músculo

En 2007, mientras Lee Sweeney, profesor de la Universidad de Pennsylvania, investigaba las posibles formas de restaurar el crecimiento muscular en pacientes con distrofia muscular, crearon ratones que seguían teniendo enormes músculos y conservaban un porcentaje significativo de su fuerza en la vejez.

Los ratones súper fueron creados mediante la inyección a ratones normales con un virus que poseía el gen para Factor de crecimiento Insulin-like tipo 1, que presenta receptores en la superficie de las células musculares y estimula su crecimiento. Estos ratones fueron apodados "ratones Schwarzenegger" en recuerdo del culturista estadounidense.

En el dopaje genético, múltiples copias del gen que codifica para IGF-1 podría ser insertado en el músculo esquelético y se produciría un aumento en la masa muscular debido a la hipertrofia de las células musculares. Esta inserción génica somática, según los expertos se podría lograr mediante el uso de dos vectores alternativos: plásmidos o virus y siempre sería mediante la técnica *ex vivo*, esto es, a través de biopsias musculares, potenciando los grupos musculares que necesitáramos.

Imprescindible recordar aquí que el IGF-1 también tiene actividades más allá de los efectos musculares, incluyendo la capacidad para impulsar el desarrollo y progresión tumoral, esto es, es potencialmente pre-neoplásico⁹.

Los antagonistas de miostatina, el gen PPAR-Delta y su agonista el gen GW501516: El aumento de la hipertrofia y la hiperplasia del músculo y también la máquina del movimiento sin fin?

La miostatina, un miembro de la familia de factor de crecimiento. Puede ser útil en el dopaje genético con el fin de mejorar porcentaje de músculo y el rendimiento deportivo. Está en íntima relación con el gen PPAR-Delta. En 2008, Evans desarrolla una cepa de "ratones de maratón" por estímulo del gen llamado PPAR-delta. Los ratones genéticamente modificados podrían correr el doble que los ratones normales, y son capaces de poseer una alta definición muscular incluso cuando fueron alimentados con una dieta alta en grasas¹⁰. Obligado recordar e insistir en que estos genes tienen actividad más allá de en el órgano diana y tienen capacidad por lo tanto de proliferación tumoral, esto es que son potencialmente pre-neoplásicos así mismo.

La lista sería interminable, ya que existen en la actualidad al menos 181 tratamientos con ensayos clínicos activos sólo en EEUU y más de 2000 a nivel mundial. La mayoría de ellas se focalizan en tratamientos para anemias severas y debilidad muscular, que sin duda podrían muy bien ser utilizadas en deportistas. Deberíamos de hablar de los genes moduladores de la hormona del crecimiento, el factor inducido por la Hipoxia, (HIF), los receptores de activación de los proliferadores de los peroxisomas (PPAR α), etc. . .

¿Dónde está el problema?

Realizar un cambio permanente en el genoma puede ser complejo -utilizando un virus desactivado para llevar medicina genética a las células; No obstante, existe un atajo que ofrece resultados temporales:

inyectar el gen purificado directamente en el músculo, de hecho, es sencillo y ahora gracias a internet es posible tener acceso al Repoxigen.

Podríamos plantearnos que un punto apetecible para aquellos que aspiran a doparse es que ese mejoramiento temporal puede, tras unos días, ser difícil de detectar por las autoridades.

De ser así, ¿qué está haciendo al respecto la Agencia Mundial Antidopaje, AMA?

WADA/AMA: ¿Estrategias de detección o estrategias de prevención?

Desgraciadamente la ciencia va un paso por detrás de los que recurren a las trampas y cuando se consigue detectar una nueva sustancia, ya hay otra en el mercado.

En 2003, la AMA prohibió el dopaje genético, ya que se considera desde la dirección de ciencia de la agencia, que si se lleva a cabo esta práctica, no sólo sería injusta, sino letal¹¹.

Es sumamente improbable que alguien se esté beneficiando del dopaje genético y sin duda, es mucho más eficaz centrar la atención en los sistemas de dopaje más estandarizados como los esteroides anabolizantes y las diferentes opciones de dopaje sanguíneo. No obstante, la WADA mantiene que está invirtiendo cantidades significativas de dinero y recursos en investigación para encontrar metodología diagnóstica eficaz para detectar la intervención en el material genético de los deportistas. De hecho, el último reto de la lucha contra el dopaje es conseguir detectar el dopaje genético, para lo cual se ha recurrido a técnicas de biología molecular. Actualmente, se trabaja desde una nueva perspectiva: en lugar de rastrear las sustancias como en un examen común, se buscan los cambios en la expresión genética y la producción proteínica. Otra idea muy singular que se está analizando es la conformación de imágenes, en la que se utilizaría un proceso similar a la resonancia magnética para explorar el cuerpo en busca de lugares poco comunes de expresiones genéticas. A tenor de los estudios que se están llevando a cabo, expertos de la WADA consideran que es cuestión de tiempo conseguir un test para su detección.

Honestamente, en el momento actual, nadie puede estar seguro de si los atletas olímpicos genéticamente modificados están nadando en piscinas o corriendo en las pistas en este momento, ya que la tentación del oro ganador puede hacer que los atletas estén más que dispuestos a dar el peligrosísimo salto genético hacia lo desconocido.

Algunos dicen que puede que no pase mucho tiempo antes de que veamos al primer atleta genéticamente modificado. Otros, entre los que me incluyo, pensamos que el uso de la terapia genética para mejorar el rendimiento deportivo, es ya una realidad. Sin embargo, dado que la metodología diagnóstica aún carece de la sofisticación necesaria para refutar el "dopaje genético", su estado sigue siendo poco claro.

Lo que sí es seguro es que es técnicamente factible el uso de la modificación genética para mejorar el rendimiento deportivo, en los animales por lo menos, y que algunos atletas están dispuestos a arriesgar sus vidas si se pudiera garantizar medallas de oro¹².

Pero existe una interrogante mayor. Incluso si ya existiera una prueba eficaz para detectar el dopaje genético, ¿qué pasaría si la terapia genética se convierte en una práctica extendida o incluso de rutina?

¿Qué pasaría si todos pudiéramos comprar medicina genética para disminuir el deterioro muscular? ¿Deberíamos -o podríamos- evitar que los atletas utilicen la medicina para prolongar sus carreras o acelerar una recuperación tras una lesión?¹³⁻¹⁵.

¿Hacia dónde vamos?

Y aquí es donde dejo mi propia pregunta: Si la terapia genética para prevenir el deterioro muscular fuera segura, se convertiría exclusivamente en un problema ético, dado que podríamos mantener en el ámbito de la medicina deportiva, la calidad normal por más tiempo y optimizar el envejecimiento, y aquí es donde el asunto regresa al deporte.

Sabemos que cuanto más temprano intervienes, mejor estarás cuando envejeces. ¿Podría no ser ético dejar de darle a alguien algo que realmente permitiría que sus músculos fueran mucho más sanos ahora y en el futuro?

En cualquier caso, estamos a décadas de tener la necesidad de andar por ese terreno, teniendo en cuenta lo lento que parece avanzar la práctica de terapia genética. Y cuando llegue el momento, la Agencia tendrá que trazar la línea que traza con todas las drogas: ¿mejoran el desempeño del deportista injustamente?

Aunque puestas las cosas así, parece que la naturaleza del dopaje genético hará que trazar esa línea sea técnicamente difícil y éticamente incómodo. Las autoridades, los atletas y la afición deben ponerse de acuerdo en toda una nueva definición de lo que quieren que signifique el deporte.

Bibliografía

1. Schjerling P. Gene doping. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18(2):121-2.
2. Adam D. Gene therapy may be up to speed for cheats at 2008 Olympics. *Nature*. 2001; 414(6864):569-70.
3. Filipp F. Is science killing sport? Gene therapy and its possible abuse in doping. *EMBO Rep*. 2007;8(5):433-5.
4. Stephen Pincock. Feature: Gene doping. *Lancet*. 2005;366 Suppl 1:518-9.
5. Haisma HJ, de Hon O. Gene doping. *Int J Sports Med*. 2006;27(4):257-66.
6. Fattori E, Cappelletti M, Zampaglione I, Mennuni C, Calvaruso F, Arcuri M, et al. Gene electro-transfer of an improved erythropoietin plasmid in mice and non-human primates. *J Gene Med*. 2005;7:228-36.
7. Jelkmann W. Erythropoiesis stimulating agents and techniques: a challenge for doping analysts. *Curr Med Chem* 2009;16:1236-47.
8. Momaya A, Fawal M, Estes R. *Sports Med*. 2015;45:517.
9. Stephen DR, Harridge Cristiana P, Velloso IGF-I and GH: Potential use in gene doping *Growth Hormone & IGF Research*. 2009;19(4):378-82.
10. Van der Gronde T, de Hon O, Haisma HJ, Pieters T. Gene doping: an overview and current implications for athletes *Br J Sports Med*. 2013;47(11):670-8.
11. WADA. Gene doping represents a threat to the integrity of sport and the health of athletes. 2003. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/gene-doping>
12. Theodore F, Olivier R, Mark S. *Frankel Gene Doping and Sport Science*. 2010;327(5966): pp. 647-8.
13. Catlin DH, Fitch KD. Ljungqvist Medicine and science in the fight against doping in sport. *A. J Intern Med*. 2008;264(2):99-114.
14. Baoutina A, Alexander IE, Rasko JE, Emslie KR. J Developing strategies for detection of gene doping. *Gene Med*. 2008;10(1):3-20.
15. Mehlman MJ. Recent Pat Genetic enhancement in sport: just another form of doping? *DNA Gene Seq*. 2012;6(3):240-6.

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:

francisco j. bermell
ELECTROMEDICINA
www.bermellelectromedicina.com

EQUIPOS PARA EL DEPORTE Y LA MEDICINA DEL DEPORTE

c/ Lto. Gabriel Miro, 54, ptas. 7 y 9
46008 Valencia Tel: 963857395
Móvil: 608848455 Fax: 963840104
info@bermellelectromedicina.com
www.bermellelectromedicina.com



VII JORNADAS NACIONALES DE MEDICINA DEL DEPORTE

EL EJERCICIO FÍSICO: DE LA PREVENCIÓN AL TRATAMIENTO

24-25 de noviembre de 2017

Zaragoza

Aula Luis Giménez - Pedro Asirón

Inactividad física en el tiempo libre y auto percepción del estado de salud de colombianos entre los 18 y 64 años

Dario Mendoza Romero¹, Adriana Urbina²

¹Universidad Santo Tomás de Aquino, Bogotá, Colombia. ² Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, GI en Salud Pública, Universidad del Rosario, Bogotá. Colombia.

Recibido: 07.12.2016
Aceptado: 01.02.2017

Resumen

Objetivo: Explorar la relación entre la inactividad física en el tiempo libre y la auto percepción del estado de salud en la población colombiana entre 18 y 64 años de edad reportados en la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN) y Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) año 2010.

Metodología: El diseño del estudio es analítico de corte transversal y pretende con los datos de la Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) y la Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) 2010, explorar la asociación entre inactividad física en el tiempo libre y auto percepción del estado de salud de los colombianos entre 18 y 64 años.

Resultados: Para el 2010, en mujeres, la inactividad física explica una regular y mala auto percepción de la salud (OR=1,37; IC95% 1,10–1,70) después de haber ajustado por factores de confusión. Variables como edad, nivel escolar, afiliación al sistema de salud, estado civil, vivir en determinadas regiones como la oriental y Bogotá en mujeres también influyen en la auto percepción de la salud. En el grupo de los hombres no se observó que la inactividad física esté asociada con auto percepción regular o mala del estado de salud (OR=1,04; IC95% 0,85 – 1,29), pero sí la edad y la baja escolaridad.

Conclusión: Niveles bajos de actividad física en el tiempo libre se asocian con regulares y pobres auto percepciones de salud en mujeres, mientras que en hombres no se observó esta relación, lo que hace necesario tener en cuenta otro tipo de variables que pueden modificar esta percepción.

Palabras clave:
Actividad física. Estado de salud. Salud subjetiva.

Leisure time physical inactivity and self-perception of health status in colombian adults from 18 to 64 years old

Summary

Objective: To explore the relationship between leisure time physical inactivity (PI) and self-perceived health status in the Colombian population between 18 and 64 years of age reported in the National Nutrition Situation Survey (ENSIN) and National Demography and Health Survey (ENDS) 2010.

Methods: Cross-sectional analytical study to explore the association between physical inactivity and self-perception of the health status of Colombians between 18 and 64 from the National Survey of Nutrition Situation in Colombia (ENSIN) and the National Demographic and Health Survey (ENDS) 2010.

Results: PI explains a regular and poor self-perception of health (OR= 1.37; IC95% 1.10-1.70) in women after adjusting for confounding factors. Other associated variables included: age, educational level, affiliation to the health system, marital status, living in eastern region and Bogota. PI was not associated with self-perception of health status in men (OR=1.04; IC95% 0.85 – 1.29), but age and low educational level did show association.

Conclusion: Low levels of leisure time physical activity were associated with regular and poor self-perceived health status in women, whereas in men this relationship was not observed.

Key words:
Physical activity.
Health status.
Subjective health.

Correspondencia: Dario Mendoza Romero
E-mail: dariomendoza@usantotomas.edu.co

Introducción

La inactividad física se relaciona con 21-25% de los casos de cáncer de colon y de mama, 27% de los casos de diabetes y casi 30% de las enfermedades isquémicas cardíacas¹. La inactividad física es pues un importante factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), que representan 35 millones de muertes cada año, lo que equivale a 60% de todas las muertes en el mundo con un 80% de ellas ocurriendo en los países de bajos y medianos ingresos².

En Colombia, 22,4% de los hombres y 27,3% de las mujeres auto perciben su salud como regular y mala³ y 80% de los adultos entre 18 y 64 años presentan inactividad física en el tiempo libre⁴, lo que podría suponer aumento de los riesgos en materia de salud para las personas en este país. La inactividad física en el tiempo libre contribuye al desarrollo de otros factores de riesgo, tales como el sobrepeso y la obesidad, que afectan a 17,5% de los jóvenes colombianos entre 5 a 17 años (13,4% tiene sobrepeso y 4,1% obesidad)⁴. El desconocimiento de los factores asociados a la inactividad física en la población colombiana contribuye a la creciente amenaza de desarrollo de las enfermedades crónicas no transmisibles, las cuales se caracterizan por largos periodos de latencia. Establecer con claridad los factores que conllevan a la inactividad física en el dominio de tiempo libre contribuirá no solo al mejoramiento del estilo de vida de la población sino a la prevención de conductas psicosociales de riesgo, al mantenimiento de una buena salud mental y al mejoramiento de la condición física general⁵.

Por otra parte, la auto percepción de la salud ha mostrado ser predictor de mortalidad y morbilidad en estudios poblacionales⁶. Tener una auto percepción de salud regular y mala se ha asociado a nivel socioeconómico bajo, baja escolaridad, ser mayor de 60 años y ser mujer, entre otros⁷. No se tiene una explicación unánime para este poder predictivo de la auto percepción de la salud, pero algunos autores discuten que los individuos son capaces de detectar tempranamente signos y síntomas relacionados con enfermedad, incluso antes que el personal médico⁸. Conocer los factores asociados a pobre auto percepción del estado de salud podría permitir intervenciones más tempranas en promoción primaria, antes que las enfermedades crónicas por sí mismas y sus complicaciones estén ya establecidas⁹. Por otra parte, estimar la asociación entre pobre auto percepción de la salud e inactividad física permite evidenciar más tempranamente las consecuencias negativas de un estilo de vida sedentario.

El objetivo de este trabajo fue explorar la asociación entre inactividad física en el tiempo libre y auto percepción del estado de salud en la población colombiana entre 18 y 64 años de edad, de acuerdo con la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN)⁴ y Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDS) del año 2010³.

Material y método

Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio analítico de corte transversal empleando datos recogidos de las encuestas ENSIN y ENDS, 2010. Se fusionaron ambas encuestas, teniendo en cuenta que la ENSIN fue una sub muestra de la ENDS y se llevaron a cabo en el mismo periodo de tiempo. La ENSIN

2010 se aplicó en 50.670 hogares, 4.987 segmentos de 258 municipios de los 32 departamentos y Bogotá⁴.

Muestra

La muestra utilizada por la ENSIN 2010 es probabilística y representativa de la población colombiana que requirió un proceso complejo para su conformación en el que se emplearon muestreos por conglomerados, estratificados y polietápicos⁴. Los segmentos se seleccionaron en forma sistemática con un intervalo constante del listado de segmentos por departamento y municipio de la ENDS para garantizar cobertura de las 258 Unidades Primarias de Muestreo del 2010 en zonas urbanas y rurales de todo el territorio colombiano exceptuando la parte rural de la Amazonia y Orinoquia que representan menos del 1% de la población y están dispersos en 500.000 km² (4).

Selección de variables

Se seleccionaron los sujetos entre 18 y 64 años de edad encuestados por la ENSIN 2010, a quienes se les aplicó el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ)¹⁰ y se les preguntó sobre su auto percepción del estado de salud (en la ENDS)³. Se incluyeron también otras variables que pueden relacionarse con éstas. Los archivos con la información correspondiente de las dos encuestas, fueron proporcionados por la Gerencia de Evaluación de la Asociación Pro-bienestar de la Familia Colombiana (Profamilia) para el caso de la ENDS³, y por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) para la ENSIN⁴. Una vez firmadas las actas de compromiso de confidencialidad, estas entidades suministraron las claves necesarias para acceder, en un máximo de dos ocasiones, a la descarga de las bases de datos de las encuestas. Un archivo final quedó constituido por 6.241 hombres (43,15%) y 8.224 mujeres (56,85%).

Las variables de actividad física, fueron tratadas de acuerdo a los lineamientos establecidos en la guía de análisis del IPAQ¹¹ y se tuvo en cuenta la dimensión de tiempo libre, de acuerdo con las recomendaciones para el contexto latinoamericano¹.

Análisis estadístico

Se aplicó un modelo de regresión logística recodificando la variable dependiente de auto percepción de la salud en excelente, muy bueno y bueno como 1 y regular-malo como 0, en mujeres y hombres. Se ajustó el modelo por grupos de edad, actividad física, escolaridad, afiliación al sistema de seguridad social en salud, índice de masa corporal, riesgo de obesidad, medios de transporte, estrato socioeconómico y estado civil. Una estimación por intervalos de confianza al 95% fue tomada en cuenta para determinar significancia entre las variables. Los modelos fueron realizados en el software IBM SPSS versión 20.

Resultados

La frecuencia de reporte de autopercepción de un estado de salud bueno fue similar en hombres y mujeres (53,6% y 52,7%, respectivamente). Sin embargo, al sumar las percepciones positivas (estado de salud

bueno, muy bueno y excelente) el porcentaje obtenido por hombres es 77,1% y el de las mujeres de 68,6% ($p < 0,0001$).

En materia de actividad física, tanto hombres como mujeres en su gran mayoría, no realizan lo mínimo para mantener un estilo de vida saludable, 150 minutos a la semana de actividad preferiblemente aerobia¹², siendo más inactivas las mujeres 93,7% frente a 87,8% de los hombres. En materia de escolaridad, las diferencias empiezan a ser evidentes a partir de la secundaria, siendo más favorecido en esto, el grupo de los hombres.

En la clasificación del índice de masa corporal (IMC), los hombres proporcionalmente cuentan con mayor sobrepeso, 36,8% frente a 35,1% de las mujeres, pero en la obesidad la situación se invierte, siendo la mayor proporción encontrada en mujeres, con 21,4% frente a 14,5% en hombres. En obesidad abdominal la situación es similar al IMC, en los primeros niveles (obesidad abdominal y riesgo alto de enfermedad coronaria) la prevalencia en hombres es mayor, pero en el mayor nivel (riesgo muy alto de enfermedad coronaria) las mujeres presentan mayor proporción, 37,3% frente a 14,4% de los hombres.

La distribución con respecto a regiones geográficas fue similar entre hombres y mujeres, excepto en la región central, de la cual proceden un porcentaje mayor de mujeres que de hombres (28,3% y 26,4%, respectivamente; $p = 0,012$) y en territorios nacionales, del cual proceden una mayor proporción de hombres (14,5% y 12%, respectivamente; $p < 0,001$) (Tabla 1).

Las Tablas 2 y 3 presentan los análisis crudos y ajustados para auto percepción de estado de salud regular y malo. En este modelo para los resultados del año 2010, la cantidad de variables de ajuste incluidas es mayor que en un estudio previo para resultados del año 2005¹³.

Cuando se ajusta con todas las variables detalladas en la Tabla 2, las mujeres presentan mayor OR para regular y pobre autopercepción del estado de salud, si su actividad física en el tiempo libre es baja (OR: 1,30 IC95%: 1,03 – 1,62). En los hombres esta tendencia no se observó en el análisis ajustado (OR: 1,04 IC95%: 0,85 – 1,29) (Tabla 3).

La Figura 1 muestra algunas de las variables que se asociaron de manera significativa con auto percepción de la salud regular y mala. Se observa que las variables más fuertemente asociadas son no tener escolaridad en mujeres y ser mayor de 50 años en hombres.

Discusión

El presente estudio empleó datos de 14.465 personas entre 18 y 64 años de edad seleccionadas en los estudios poblacionales ENSIN y ENDS de Colombia del año 2010. Los resultados muestran que niveles bajos de actividad física en el tiempo libre se asocian con la auto percepción de un estado de salud pobre y regular, en el grupo de las mujeres, mientras que en los hombres no se observó esta relación.

La actividad física en el tiempo libre empieza a ser de importancia para la promoción de la salud de las personas¹⁴. Los beneficios asociados de la actividad física para la salud han hecho suponer una positiva relación con otros indicadores predictores de una buena salud como la auto percepción del estado de salud^{9,14,15}. Sin embargo, en el presente estudio no se evidenció esta asociación en los hombres, siendo este resultado reiterativo con los resultados del año 2005¹³.

Previamente se ha mostrado la relación que existe entre realizar actividad física y auto percibir el estado de salud en forma positiva (excelente, muy bueno y bueno)^{9,15-19}. De manera llamativa, en el presente estudio no se encontró tal evidencia en hombres (OR = 1,04, IC95% 0,85-1,29; Tabla 3), a pesar de que éstos, de manera proporcional, realizan más actividad física en el tiempo libre comparativamente con las mujeres (13% frente a 5,8%, respectivamente). Es necesario indagar y ajustar por otras variables que pueden influir en estos resultados tales como consumo de alcohol, fumar y hábitos alimenticios, los cuales no fueron incluidos en el análisis porque estas variables no se encuentran en la encuesta nacional o porque no fueron obtenidas para todos los sujetos de la muestra analizada. Al respecto, un estudio en una población del sur de Brasil, encontró asociaciones entre el consumo de frutas y actividad física con auto percibir un estado de salud en forma positiva, pero el uso del tabaco y abuso de alcohol no mostró tal relación²⁰.

Una recomendación para la realización de próximas encuestas poblacionales en Colombia es incluir preguntas acerca del consumo de alcohol en hombres y mujeres tanto adultos como adolescentes y, en cuanto a la pregunta acerca del consumo actual de cigarrillo, que se viene haciendo principalmente en mujeres, ésta debería hacerse también en hombres.

El nivel de escolaridad e ingresos económicos han mostrado asociaciones con auto percibir la salud en forma positiva o negativa. Investigaciones previas han evidenciado que un alto grado de escolaridad y mejores ingresos favorecen percibir la salud de forma positiva^{6,13,21}. Este aspecto fue consecuente con los resultados del presente estudio en ambos sexos, y aunque no se indagó por los ingresos económicos, el hecho de preguntar por el estrato socio económico al que pertenece la vivienda y poseer bicicleta, moto o carro, es una forma de categorizar el nivel de ingresos en la población colombiana. Estas variables se introdujeron en los modelos con la intención de apreciar diferencias de auto percibir la salud, si se desplazan en bicicleta, comparativamente con los otros medios que no implican un esfuerzo físico, pero por las condiciones particulares de un país en vías de desarrollo, el hecho de que una persona posea alguno de estos medios, equivale a que cuente con los ingresos necesarios para adquirir y mantener este tipo de vehículos.

Tanto las mujeres como los hombres que se encuentran afiliados a un régimen de salud perciben su salud de forma positiva. En los datos de las encuestas poblacionales de 2005, esta relación solo se encontró en las mujeres¹³, mientras que un estudio realizado con una muestra de habitantes de la ciudad de Bogotá en 2014, que ajustó por variables demográficas de desigualdad y educación, tampoco evidenció esta asociación⁷.

Al analizar la relación entre IMC y auto percepción de la salud, no se evidenció asociación en ninguno de los sexos, mientras que un estudio llevado a cabo con datos de distintos países sí encuentra esta relación y describe un comportamiento en forma de U²².

En relación con el estado civil, los resultados encontrados especialmente en el grupo de las mujeres han sido contradictorios con respecto a los encontrados previamente en algunos estudios^{23,24}, ya que estar casado supone una condición favorable para auto percibir la salud como buena en países como Suecia y España. Para las mujeres de Colombia en el 2010, estar casadas supone una condición de riesgo (OR = 1,16; IC95% 1,00-1,35) para evaluar su salud como regular o pobre,

Tabla 1. Características de la población de estudio de las variables seleccionadas de la ENSIN y ENDS 2010.

Variables	Mujeres N = 8.224 (56,85%)	Hombres N = 6.241 (43,15%)	p
Grupo edad			
18 – 29	2679 (32,6%)	2149 (34,4%)	0,019
30 – 49	3741 (45,5%)	2790 (44,7%)	0,356
50 – 64	1804 (21,9%)	1302 (20,9%)	0,124
Estado de salud			
Excelente	604 (7,3%)	755 (12,1%)	<0,001
Muy bueno	709 (8,6%)	713 (11,4%)	<0,001
Bueno	4333 (52,7%)	3345 (53,6%)	0,284
Regular	2403 (29,2%)	1346 (21,6%)	<0,001
Malo	175 (2,1%)	82 (1,3%)	<0,001
Actividad física			
Baja	7702 (93,7%)	5477 (87,8%)	<0,001
Moderada	390 (4,7%)	434 (7,0%)	<0,001
Vigorosa	132 (1,6%)	330 (5,3%)	<0,001
Nivel Escolar			
Ninguno/No sabe	272 (3,3%)	223 (3,6%)	0,409
Pre/Primaria	2223 (27,0%)	1671 (26,8%)	0,745
Secundaria	3734 (45,4%)	2957 (47,4%)	0,019
Tec./Universitario	1995 (24,3%)	2390 (22,3%)	<0,001
Afiliado a sistema de salud			
Sí	7354 (89,4%)	5272(84,5%)	<0,001
No/No sabe	870 (10,6%)	969 (15,5%)	<0,001
Clasificación IMC	n = 7864	n = 5676	
Delgadez	261 (3,3%)	146 (2,6%)	0,013
Normal	3164 (40,2%)	2615 (46,1%)	<0,001
Sobrepeso	2759 (35,1%)	2091 (36,8%)	0,037
Obesidad	1680 (21,4%)	824 (14,5%)	<0,001
Obesidad abdominal	n = 7614	n = 5608	
Obesidad abdominal	2902 (38,1%)	3080 (54,9%)	<0,001
Riesgo alto de EC ⁺	1875 (24,6%)	1722 (30,7%)	<0,001
Riesgo muy alto de EC ⁺	2837 (37,3%)	806 (14,4%)	<0,001
Tiene moto	n = 8224	n = 6241	
Sí	2168 (26,4%)	1887 (30,2%)	<0,001
No	6056 (73,6%)	4354 (69,8%)	<0,001
Tiene coche	n = 8224	n = 6241	
Sí	1000 (12,2%)	808 (12,9%)	0,163
No	7224 (87,8%)	5433 (87,1%)	0,163
Tiene bicicleta	n = 8224	n = 6241	
Sí	3090 (37,6%)	2535 (40,6%)	<0,001
No	5134 (62,4%)	3706 (59,4%)	<0,001
Estrato	n = 8224	n = 6241	
Del 0 al 3	7842 (95,4%)	6003 (96,2%)	0,016
Del 4 al 6	382 (4,6%)	238 (3,8%)	0,016
Estado civil	n = 8224	n = 6241	
Casado/Unión libre	4620 (56,2%)	3811 (61,1%)	<0,001
Separado/Viudo	1758 (21,4%)	570 (9,1%)	<0,001
Soltero (a)/No sabe	1846 (22,4%)	1860 (29,8%)	<0,001
Área			
Cabecera municipal	8224 (100%)	6241 (100%)	<0,001
Resto (poblado)			
Resto (disperso)			
Regiones			
Atlántica	1770 (21,5%)	1408 (22,6%)	0,140
Oriental	1217 (14,8%)	893 (14,3%)	0,422
Central	2328 (28,3%)	1649 (26,4%)	0,012
Pacífica	1172 (14,3%)	843 (13,5%)	0,209
Bogotá	754 (9,2%)	541 (8,7%)	0,310
Territorios nacionales	983 (12%)	907 (14,5%)	<0,001

+ EC: enfermedad coronaria.

Tabla 2. Razones de disparidad (OR) y su intervalo de confianza al 95% para regular y mala autopercepción del estado de salud con respecto a todas las características contempladas para el presente estudio en mujeres, ENSIN 2010 y ENDS 2010.

Variables	n (%)	OR (IC 95%)	
		Crudo	Ajustado*
Grupo edad			
18 – 29	520 (19,4%)	1	1
30 – 49	1242 (33,2%)	2,06 (1,83 – 2,32)	1,68 (1,46 – 1,92)
50 – 64	816 (45,2%)	3,42 (3,00 – 3,91)	2,32 (1,96 – 2,74)
Actividad física			
Baja	2453 (31,8%)	1,48 (1,20 – 1,82)	1,30 (1,03 – 1,62)
Moderada a vigorosa	125 (23,9%)	1	1
Nivel Escolar			
Ninguno/No sabe	138 (50,7%)	5,47 (4,19 – 7,14)	2,77 (2,06 – 3,72)
Pre/Primaria	1036 (46,6%)	4,63 (4,00 – 5,36)	2,70 (2,29 – 3,19)
Secundaria	1088 (29,1%)	2,18 (1,90 – 2,51)	1,70 (1,46 – 1,98)
Tec./Universitario	316 (15,8%)	1	1
Clasificación IMC			
Delgadez	79 (30,3%)	0,65 (0,49 – 0,86)	1,28 (0,89 – 1,82)
Normal	827 (26,1%)	0,53 (0,46 – 0,60)	0,91 (0,74 – 1,13)
Sobrepeso	887 (32,1%)	0,71 (0,62 – 0,80)	0,88 (0,76 – 1,03)
Obesidad	672 (40,0%)	1	1
Obesidad abdominal			
Obesidad abdominal	715 (24,6%)	1	1
Riesgo alto de EC ⁺⁺	563 (30,0%)	1,31 (1,15 – 1,49)	1,02 (0,87 – 1,21)
Riesgo muy alto de EC ⁺⁺	1099 (38,7%)	1,93 (1,72 – 2,16)	1,19 (0,97 – 1,46)
Tiene moto			
Sí	594 (27,4%)	1	1
No	1984 (32,8%)	1,29 (1,15 – 1,43)	1,20 (1,06 – 1,36)
Tiene coche			
Sí	198 (19,8%)	1	1
No	2380 (32,9%)	1,99 (1,69 – 2,34)	1,46 (1,21 – 1,76)
Tiene bicicleta			
Sí	851 (27,5%)	1	1
No	1727 (33,6%)	1,33 (1,20 – 1,47)	1,21 (1,08 – 1,34)
Estrato socio-económico			
Del 0 al 3	2520 (32,1%)	2,64 (1,99 – 3,51)	1,98 (1,42 – 2,77)
Del 4 al 6	58 (15,2%)	1	1
Estado Civil			
Casado/Unión libre	1524 (33,0%)	1,78 (1,57 – 2,02)	1,16 (1,00 – 1,35)
Separado/Viudo	655 (37,3%)	2,15 (1,85 – 2,49)	1,07 (0,90 – 1,28)
Soltero (a)/No sabe	399 (21,6)	1	1
Afiliado al sistema de salud			
Sí	2297 (31,2%)	1	1
No/No sabe	281 (32,3%)	1,05 (0,90 – 1,22)	1,22 (1,03 – 1,44)
Regiones			
Atlántica	581 (32,8%)	1,01 (0,85 – 1,19)	0,96 (0,80 – 1,15)
Oriental	358 (29,4%)	0,86 (0,72 – 1,03)	0,81 (0,66 – 0,99)
Central	738 (31,7%)	0,96 (0,82 – 1,12)	0,90 (0,76 – 1,08)
Pacífica	406 (34,6%)	1,09 (0,91 – 1,31)	1,07 (0,88 – 1,31)
Bogotá	175 (23,2%)	0,62 (0,50 – 0,77)	0,67 (0,53 – 0,85)
Territorios nacionales	320 (32,6%)	1	1

*El modelo de regresión logística se ajusta por las variables de grupo edad, actividad física, nivel escolar, afiliado al sistema de salud, área, regiones, clasificación del índice de masa corporal (IMC), obesidad abdominal, tiene moto, coche, bicicleta, estrato socio-económico y estado civil.

**EC: Enfermedad coronaria.

mientras que en los hombres no se encontró evidencia de asociación alguna. Estos resultados son, en cambio, similares a los informados por Onadja, en Ouagadougou, capital de Burkina Faso¹⁸, donde tampoco se evidenció relación alguna para ser soltero, con ajuste para las demás variables (OR=0,87; IC95% 0,62-1,21).

Algunas limitaciones del presente estudio se encuentran relacionadas con la utilización de datos que son auto declarados por parte de las personas como, por ejemplo, la auto percepción de la salud y que pueden conducir a sesgos²⁴. Sin embargo, ya se han mencionado las fuertes asociaciones que tiene este indicador con la predicción de mor-

Tabla 3. Razones de disparidad (OR) y su intervalo de confianza al 95% para regular y mala autopercepción del estado de salud con respecto a todas las características contempladas para el presente estudio en hombres, ENSIN 2010 y ENDS 2010.

Variables	n (%)	OR (IC 95%)	
		Crudo	Ajustado*
Grupo edad			
18 – 29	318 (14,8%)	1	1
30 – 49	638 (22,9%)	1,70 (1,47 – 1,98)	1,61 (1,34 – 1,95)
50 – 64	472 (36,3%)	3,27 (2,77 – 3,85)	2,83 (2,27 – 3,52)
Actividad física			
Baja	1281 (23,4%)	1,28 (1,05 – 1,55)	1,04 (0,85 – 1,29)
Moderada a vigorosa	147 (19,2%)	1	1
Nivel Escolar			
Ninguno/No sabe	87 (39,0%)	4,35 (3,18 – 5,94)	2,34 (1,64 – 3,33)
Pre/Primaria	551 (33,0%)	3,35 (2,77 – 4,04)	2,08 (1,68 – 2,58)
Secundaria	612 (20,7%)	1,77 (1,48 – 2,12)	1,43 (1,17 – 1,74)
Tec./Universitario	178 (12,8%)	1	1
Clasificación IMC			
Delgadez	24 (16,4%)	0,63 (0,39 – 1,01)	0,95 (0,54 – 1,65)
Normal	565 (21,6%)	0,88 (0,73 – 1,07)	1,08 (0,78 – 1,50)
Sobrepeso	492 (23,5%)	0,99 (0,82 – 1,20)	1,09 (0,84 – 1,43)
Obesidad	195 (23,7%)	1	1
Obesidad abdominal			
Obesidad abdominal	630 (20,5%)	1	1
Riesgo alto de EC ⁺⁺	409 (23,8%)	1,21 (1,05 – 1,39)	1,00 (0,81 – 1,23)
Riesgo muy alto de EC ⁺⁺	213 (26,4%)	1,39 (1,16 – 1,67)	1,20 (0,87 – 1,65)
Tiene moto			
Sí	354 (18,8%)	1	1
No	1074 (24,7%)	1,41 (1,23 – 1,62)	1,40 (1,20 – 1,63)
Tiene coche			
Sí	127 (15,7%)	1	1
No	1301 (23,9%)	1,68 (1,38 – 2,06)	1,40 (1,11 – 1,78)
Tiene bicicleta			
Sí	522 (20,6%)	1	1
No	906 (24,4%)	1,24 (1,10 – 1,41)	1,23 (1,07 – 1,40)
Estrato socio-económico			
Del 0 al 3	1403 (23,4%)	2,59 (1,71 – 3,95)	2,16 (1,31 – 3,55)
Del 4 al 6	25 (10,5%)	1	1
Estado civil			
Casado/Unión libre	961 (25,2%)	1,59 (1,38 – 1,83)	1,03 (0,86 – 1,24)
Separado/Viudo	143 (25,1%)	1,58 (1,26 – 1,98)	0,85 (0,65 – 1,11)
Soltero (a)/No sabe	324 (17,4%)	1	1
Afiliado al sistema de salud			
Sí	1192 (22,6%)	1	1
No/No sabe	236 (24,4%)	1,10 (0,93 – 1,29)	1,22 (1,02 – 1,46)
Regiones			
Atlántica	345 (24,5%)	0,84 (0,69 – 1,01)	0,77 (0,62 – 0,96)
Oriental	213 (23,9%)	0,81 (0,66 – 1,00)	0,81 (0,64 – 1,03)
Central	350 (21,2%)	0,70 (0,58 – 0,84)	0,63 (0,51 – 0,78)
Pacífica	179 (21,2%)	0,70 (0,56 – 0,87)	0,76 (0,60 – 0,98)
Bogotá	89 (16,5%)	0,51 (0,39 – 0,67)	0,55 (0,41 – 0,75)
Territorios nacionales	252 (27,8)	1	1

*El modelo de regresión logística se ajusta por las variables de grupo edad, actividad física, nivel escolar, afiliado al sistema de salud, área, regiones, clasificación del índice de masa corporal (IMC), obesidad abdominal, tiene moto, carro, bicicleta, estrato socio-económico y estado civil.

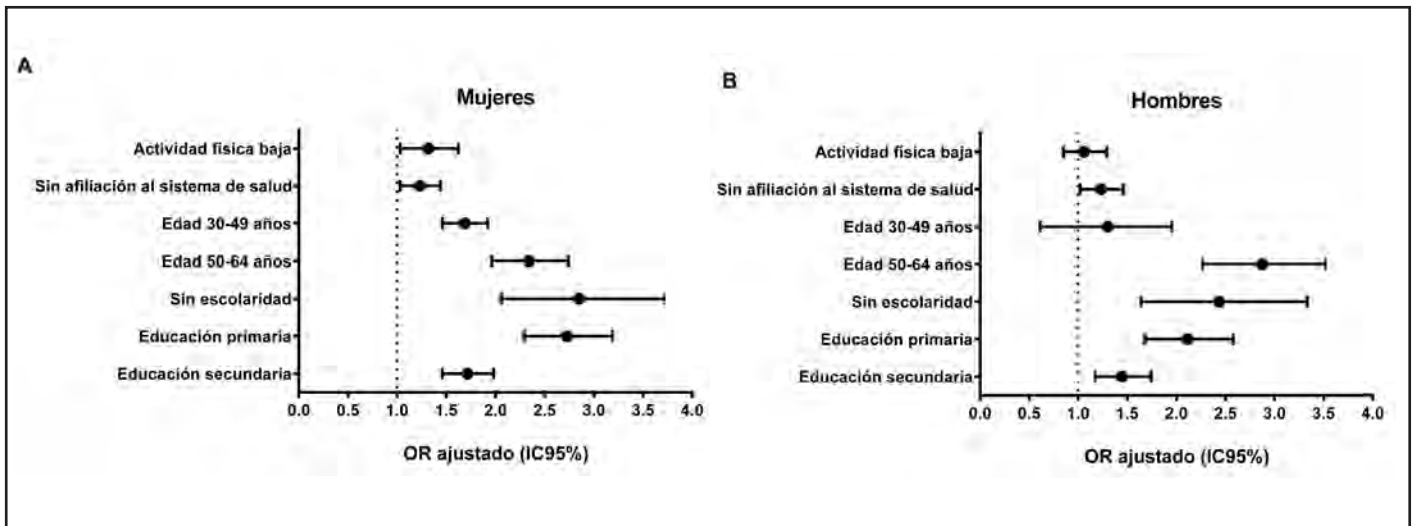
**EC: Enfermedad coronaria.

talidad, nivel educativo, edad y actividad física, entre otras^{8,14-18}. A pesar de que algunas de estas asociaciones no se han evidenciado en el grupo de los hombres en este estudio, los resultados nos permiten entender aquellos fenómenos propios e inherentes de la población colombiana que deben ser tenidos en cuenta para implementar políticas, planes y programas relacionados con la promoción de estilos de vida saludable.

Conclusiones

De acuerdo con los datos de las encuestas nacionales de demografía y salud de Colombia de 2010, en mujeres la inactividad física se asocia con regular y mala auto percepción de la salud después de haber ajustado por factores de confusión. La edad, el nivel de escolaridad, la

Figura 1. Comparación gráfica del grado de asociación de algunas variables con auto percepción del estado de salud regular y mala en mujeres (A) y en hombres (B).



afiliación al sistema de salud, el estado civil, vivir en la región oriental y en Bogotá también influyen en la auto percepción de la salud en mujeres. En contraste, en hombres no se observó que la inactividad física esté asociada con auto percepción regular o mala del estado de salud, pero sí la edad y la baja escolaridad. De lo anterior se desprende que los factores asociados a la auto percepción de la salud pueden ser distintos entre hombres y mujeres, por lo tanto, debe contemplarse que las intervenciones en salud dirigidas a mejorar este indicador sean diferenciadas y específicas.

Bibliografía

- Hallal PC, Gomez LF, Parra DC, Lobelo F, Mosquera J, Florindo AA, et al. Lessons learned after 10 years of IPAQ use in Brazil and Colombia. *J Phys Act Health*. 2010;7 Suppl 2:S259-64.
- World Health Organization. 2008-2013 action plan for the global strategy for the prevention and control of noncommunicable diseases. Geneva: WHO; 2008.
- Profamilia, Colombia. Encuesta Nacional de Demografía y Salud - ENDS [Internet]. 2010. Disponible en: http://www.profamilia.org.co/encuestas/Profamilia/Profamilia/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=9
- ICBF. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia 2010 - ENSIN [Internet]. Primera. Bogotá, Colombia; 2010. Disponible en: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortallCBF/Normatividad/ENSIN1/ENSIN2010/LibroENSIN2010.pdf>
- Keresztes N, Piko B, Pluhar Z, Page R. Social influences in sports activity among adolescents. *J R Soc Promot Health*. 2008;128:21.
- Höfelmann DA, Garcia LP, Freitas D, Santana LR. Self-rated health in Brazilian adults and elderly: Data from the National Household Sample Survey 2008. *Salud Pública México*. 2014;56(6):603-11.
- Caicedo B, Berbesi Fernández D. [Self-rated health in adults: influence of poverty and income inequality in the area of residence.]. *Gac Sanit SESPAS*. 2014;
- Undén A-L, Elofsson S. Do different factors explain self-rated health in men and women? *Gen Med*. 2006;3(4):295-308.
- Han MA, Kim KS, Park J, Kang MG, Ryu SY. Association between levels of physical activity and poor self-rated health in Korean adults: The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES), 2005. *Public Health*. 2009;123(10):665-9.
- IPAQ. International Physical Activity Questionnaire [Internet]. Disponible en: <http://www.ipaq.ki.se/ipaq.htm>
- International Physical Activity Questionnaire, IPAQ. Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire. 2005.
- Haskell W, Lee I, Pate R, Powell K, Blair S, Franklin B, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1423-34.
- Mendoza Romero D, Urbina A. Actividad física en el tiempo libre y autopercepción del estado de salud en Colombia. *Apunts Med L'Esport Castell*. 2013;48(177):3-9.
- Pucci GCMF, Rech CR, Fermio RC, Reis RS. Association between physical activity and quality of life in adults. *Rev Saúde Pública*. 2012;46(1):166-79.
- Ciccolo JT, Pettee Gabriel KK, Macera C, Ainsworth BE. Association between self-reported resistance training and self-rated health in a national sample of U.S. men and women. *J Phys Act Health*. 2010;7(3):289-98.
- Kaleta D, Polanska K, Dziankowska-Zaborszczyk E, Hanke W, Drygas W. Factors influencing self-perception of health status. *Cent Eur J Public Health*. 2009;17:122-7.
- Kaleta D, Makowiec-Dabrowska T, Dziankowska-Zaborszczyk E, Jegier A. Physical activity and self-perceived health status. *Int J Occup Med Env Health*. 2006;19:61-9.
- Onadja Y, Bignami S, Rossier C, Zunzunegui M-V. The components of self-rated health among adults in Ouagadougou, Burkina Faso. *Popul Health Metr*. 2013;11(1):15.
- Alkerwi A'a, Schuh B, Sauvageot N, Zannad F, Olivier A, Guillaume M, et al. Adherence to physical activity recommendations and its associated factors: an interregional population-based study. *J Public Health Res*. 2015;4(1):406.
- Loch MR, Souza RKT de, Mesas AE, González AD, Rodríguez-Artalejo F, Loch MR, et al. Association between social capital and self-perception of health in Brazilian adults. *Rev Saúde Pública* [Internet]. 2015 [citado 14 de noviembre de 2016];49. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-89102015000100230&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Alvarez-Galvez J, Rodero-Cosano ML, Motrico E, Salinas-Perez JA, Garcia-Alonso C, Salvador-Carulla L. The impact of socio-economic status on self-rated health: study of 29 countries using European social surveys (2002-2008). *Int J Environ Res Public Health*. 2013;10(3):747-61.
- Wang A, Arah OA. Body Mass Index and Poor Self-Rated Health in 49 Low-Income and Middle-Income Countries, By Sex, 2002-2004. *Prev Chronic Dis*. 2015;12:E133.
- Sodergren M, Sundquist J, Johansson S-E, Sundquist K. Physical activity, exercise and self-rated health: a population-based study from Sweden. *BMC Public Health*. 2008;8:352.
- Maestre-Miquel C, Regidor E, Cuthill F, Martínez D. [Educational Inequality in Physical Inactivity in Leisure Time in Spanish Adult Population: differences in Ten Years (2002-2012)]. *Rev Esp Salud Pública*. 2015;89(3):259-69.

Changes in the soleus muscular tissue of rats with experimental periodontitis under physical exercise influences

Lidiane Ura Afonso Brandão, Bruna Martinazzo Bortolini, Pedro Henrique de Carli Rodrigues, Ana Claudia Paiva Alegre-Maller, Christian Giampietro Brandão, Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro, Rose Meire Costa Brancalhão, Gladson Ricardo Flor Bertolini, Danielle Shima Luize, Marcela Aparecida Leite, Carlos Augusto Nassar, Patricia Oehlmeyer Nassar

State University of West Parana (UNIOESTE), Cascavel, Parana, Brazil.

Recibido: 30.11.2016

Aceptado: 23.03.2017

Summary

Until the moment, no study explored conjunctively the physical activity relation, using the inflammatory biomarkers, with the periodontitis. This way, the objective of this experiment was to evaluate the muscular tissue behavior of rats submitted to physical exercise in aquatic environment with experimental disease. Twenty-four male Wistar rats were divided in 4 groups: 1) control and sedentary (CS); 2) control and active (CA); 3) with the periodontal disease and sedentary (PDS); with the periodontal disease and active (PDA). On the group that the periodontitis was induced, it was for ligature and the groups with active swimming activity have practiced it for 4 weeks. At the end of 30 days the animals were euthanized and a portion of the gingival tissue and the soleus muscle were removed and underwent analysis by ELISA and morphological and morphometrical analysis of the muscle. Data drawn from the analysis was analyzed through ANOVA and Tukey. Results have shown that there is a higher expression of TNF- α in the gingival tissue and on the muscular tissue of the rats that underwent the induced periodontitis independently of the physical activity (PDS and PDA), as a meaningful decrease on the conjunctive tissue on the groups with induced periodontitis, that have or have not undergone active swimming activity which could suggest a predisposition to muscular injury or difficulty of muscular recovering on these groups. Therefore, it was possible to highlight a correlation between the periodontal disease and the muscle morphological changes, and, moreover, the physical swimming activity promoting an acceleration of the regeneration of the muscle tissue.

Key words:

Physical activity.
Periodontitis.
Soleus muscle.

Cambios en el tejido muscular del sóleo de las ratas con periodontitis experimental bajo influencia del ejercicio físico

Resumen

Hasta este momento, ningún estudio ha explorado conjuntamente la relación de la actividad física con la periodontitis utilizando biomarcadores de inflamación. Siendo así, el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento del tejido muscular de ratas con periodontitis experimental al realizar ejercicio físico en medio acuático. Veinticuatro ratas Wistar machos fueron divididas en cuatro grupos: 1) control y sedentario (CS); 2) control y ejercicio (CA); 3) con enfermedad periodontal y sedentario (PDS); 4) con enfermedad periodontal y ejercicio (PDA). En los grupos con periodontitis, la enfermedad periodontal fue inducida por ligadura y los grupos con ejercicio realizaron natación durante cuatro semanas. A los treinta días, los animales fueron sacrificados y una parte del tejido de las encías y del músculo soleo se resecaron y utilizaron para análisis con ELISA y para análisis morfológicos y morfométricos. Los datos obtenidos fueron analizados y evaluados a través de los tests ANOVA y TUKEY. Los datos mostraron una mayor expresión de TNF- α tanto en el tejido de las encías como en el tejido muscular de los ratones sometidos a periodontitis inducida independiente del ejercicio físico (PDS y PDA). Se percibió también una disminución significativa en el tejido conjuntivo en los grupos con periodontitis inducida sometidos o no al ejercicio de natación, lo que podría sugerir una predisposición a lesión muscular o una dificultad en la reparación de las lesiones musculares de esos grupos. Por lo tanto, fue posible destacar una correlación entre la enfermedad periodontal y los cambios morfológicos musculares y, además, que la actividad física de natación favoreció una aceleración de la regeneración del tejido muscular.

Palabras clave:

Esfuerzo físico.
Periodontitis.
Músculo soleo.

This paper was supported by the scholarship CAPES B. S.; UNIOESTE.

Correspondencia: Patricia Oehlmeyer Nassar

E-mail: ponassar@yahoo.com

Introduction

Physical activity regularly practiced leads to the physiological and morphological adaptation, relevant to the maintenance of the organism homeostasis and these changes influenced on many diseases control, especially those of cardiovascular nature and endocrine-metabolic. This way, several studies have shown that the physical activity is capable to promote changes in various functions of the human organism and of rats^{1,2}. Besides, they are capable to promote the acceleration of the process of the inflammation recovery^{2,3}. Under this sense, some studies pinpointed that the exercises infer on several stages of the inflammatory process, promoting migration of the leukocytes to the direction of the inflammation focus (chemiotaxis) and the increase of the capacity of phagocytosis of this cells in human beings and animals, besides increasing the antitumor macrophage activity^{2,4,5}.

The inflammation is an adaptive response, which is broken by stimulus and harmful conditions, such as the infection and the tissue injury. A considered process has been reached on the comprehension of the cells and molecular events, which are involved on the acute inflammatory response and, in a lower scale, the tissue aggression. Still, events that have broken the located chronic inflammation, especially the chronic infections and autoimmune diseases, are partially understood. Little is known, however, about its causes and mechanisms of systemic chronic disease, which occurs in a several variety of diseases, including the diabetes type 2 and cardiovascular diseases. These inflammatory chronic states seem not to be caused by the classical inflammation causes: Infection and aggression. Instead, they seem to be associated with the bad-function of the tissue: a lack of balance of the homeostatic of one of the physiological system, which does not have direct relation to the function of the host defense or tissue repair⁶.

The inflammatory response to an infection, while aiming at recovering the homeostasis, can turn out to be harmful if excessive or not balanced. Under these conditions, inflammation plays an essential role in the pathogenesis of many chronic diseases, including periodontitis⁶.

Periodontitis is a chronic inflammatory disease triggered by a pathogenic microbe organized by a biofilm that results on the selective destruction of the periodontal tissue that can cause the loss of the tooth. The destruction of the periodontal tissue, however, may not be linear. Periodontitis is actually characterized on alternate phases of the exacerbation and remission of the disease, as well as on the inactivity period. Under this context, it is possible that the cytokines that directs the cellular response during the overlapped inflammatory and healing of the tissues phase that can interact in different levels. Little is known, however, about the interaction between the cytokines and the growth factors that frame the inflammation and the tissue recovering⁷.

Tumoral Necrosis Factor- α (TNF- α) is an important inflammatory cytokine expressed during the inflammatory phase of tissue healing and in chronic inflammatory conditions, such as the periodontal disease. The TNF- α inhibits the synthesis of the Extracellular Protein Matrix (EPM) and the active production of the matrix metalloproteinases. Studies have shown that the TNF- α can affect the antagonist upon several induced answers or stimulated by the transforming growth factor of β 1 (TGF- β 1), such as, the synthesis of the collagen type I and III, and the expression

of α - de smooth muscle actin (α -SMA) in fibroblasts of skin and the production of tropo-elastin in fibroblasts on the rats lungs⁷.

Epidemiological data suggests that the periodontal diseases can be associated with other systemic pathological conditions⁸⁻¹⁰. Besides that, it is possible to find some evidences of infections caused by odontogenesis origin that has a relation with the damage development caused by the exacerbation and immunological response, which is willing to generate destructions and changes on the expression of myosin¹¹⁻¹³.

Considering that the same proinflammatory biomarkers are involved in both periodontal disease and muscle metabolism, it is plausible that the systemic challenge generated by periodontal disease could also influence physical fitness^{2,5}.

Although it is possible that the physical activity protects the periodontal area due to the fact that it attenuates the excessive inflammatory response on the host, there are some evidences on the longitudinal studies and a prospective study showing that the adults physically active have lowered the risk of periodontitis. Until the moment, no study has explored conjunctively the relation between the physical activities, using the inflammatory biomarkers, with the periodontitis¹⁴.

Therefore, the objective was to evaluate the muscular tissue behavior of rats submitted to physical exercise in aquatic environment with experimental periodontitis.

Material and method

Obtaining the animals

There were used 24 Wistar Rats weighting an average of 100 g, from the Unioeste central animal research area. These animals were maintained on controlled thermic conditions ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) and light (cycle of 12 hours light and 12 hours dark – 07:00 A.M – 7:00 P.M) and received water and commercial food all the time. The experimental protocols were approved by the Ethical Committee in Animal Experiment and Practical Classes of UNIOESTE.

Experimental Groups

Animals were divided randomly in 4 groups of 6 animals each, according to Felipetti, *et al.*, 2014¹⁵.

- Group (CS): control and sedentary
- Group (CA): control and active
- Group (PDS): with periodontal disease and sedentary
- Group (PDA): with periodontal disease and active

Inducing of the Periodontal Disease

Animals received anesthesia (xylazine 0,04 mL/100 g and ketamine 0,08 mL/100 g), and placed on a proper operatory table, which allowed a maintenance of the buccal opening of the rats making it easier to have access upon their teeth on the posterior jaw region. With the support of a modified pinch and an explorer probe, cotton ligatures number 40 were placed around the lower right first molar. This ligature acted irritating the gingival margin for 30 days, provoking accumulation of bacterial plaque and consequently development of the periodontal disease¹⁶.

Protocol of Aerobic Activity

Previously to inducing the protocol of the periodontal disease on animals of CA and PDA went through a practice of familiarizing on the swimming activity, initiated one week before, with the duration of 15 minutes, 3 times a week.

Two days after inducing the DP, the groups have done an aerobic activity similar to swimming, during 4 weeks, with progressive intensifying over time, from 15 minutes on the first week, 30 minutes on the second, and successively up until reaching 60 minutes on the fourth week, daily with the break of 2 days between the beginnings of the week. The place used was an oval tank, with capacity of 200 L, depth of 60 cm and controlled temperature of $32^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}^{17}$.

Analysis of Tumoral Necrosis - α Expression (TNF- α)

By the end of the activity period, all the animals were weighted and anaesthetized with ketamine (50 mg/Kg) and xylazine (10 mg/Kg) and beheaded on a guillotine. A portion of the gingival tissue around the teeth submitted or not to the use of the ligature and the soleus muscle, all the experimental groups were removed and used for the by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) analysis on the presence of TNF- α cytokine. The total of proteins was extracted from samples of the gingival tissue and the soleus muscle using an extraction buffer to the detergent basis (T-PER, Tissue Protein Extraction Reagent - Pierce), with a cocktail of proteasis inhibitor (Protein Stabilizing Cocktail - Santa Cruz Biotechnology), according to the manufacturer instructions.

The samples were macerated on the buffer (50 μL /mg of tissue) and centrifuged for 5 min to 13.000 rpm to 4 $^{\circ}\text{C}$. The overflowed content was quantified using a system of Bradford protein (Bio-Rad). As to detect and quantify the TNF- α were used 100 μL of the sample and 100 μL of the buffer in a length of wave of 450 nm according to the Kits ELISA (TNF- α ELISA Kit Biosource), accordingly to the manufacturer instruction.

Collecting the soleus muscle and the Histological Preparation

The right soleus muscle was dissected, fixed on methacarn solution (70% of methanol, 20% of chloroform, 10% of glacial acetic acid) for 24 hours and stored in 70% of alcohol. After that, it went through a process of dehydration in an increasing alcoholic series, diaphanized in xylol and embedded in paraffin. The transversal cut of 5 μm in thickness were obtained by a microatom (CUT 4055 Olympus[®], Mainz, Germany) and colored with Hematoxylin and Eosin (HE) for the general analysis of muscular tissue and with Mallory Trichrome (MT) for the conjunctive tissue analysis.

Morphological and Morphometrical Analysis

The following measurement of the soleus muscle was carried: transversal section area, minor fiber muscular diameter, density of the conjunctive tissue and the evaluation of the muscular tissue.

Obtained slides were analyzed under the light of (BX60 Olympus[®], Tokyo, Japan). For the measurement of the transversal section area and minor diametrical muscular fiber 10 images were randomly obtained

on the objective of 40x, for each image 10 fibers were measured on the program of Image-Pro-Plus 6.0 (Media Cybernetics[®], Silver Spring, USA), totaling 100 measurements for each animal.

To determine the density of the conjunctive tissue, 10 images were randomly obtained through the objective of 40x and 10 measurements carried for each animal, endomysium and perimysium analysis, the GIMP was used (GNU Image Manipulation Program 2.0 - GNU General Public License[®], Berkeley, California). The relative area of the conjunctive tissue (density area) was calculated by dividing the total of pixels of the photomicrography by the total of pixels of the conjunctive tissue highlighted.

Data analysis

The data were analyzed and evaluated using the one-way ANOVA test and, when statistically significant differences were found, the Tukey test was used to determine differences between the groups at a 5% significance level. The quantified results were presented on tables and/or in graphics, while the results about the tissue morphology were displayed in images (photomicrography) followed by their description and discussion.

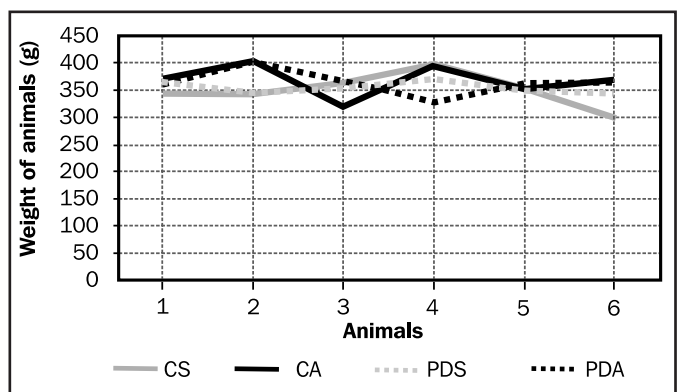
Results

Figure 1 shows the distribution of the weights of the 6 animals of each of the 4 groups. There was no statistically significant difference between the groups at the end of the experimental period (CS = 348.33 ± 30.8 , CA = 368.33 ± 28.8 , PDS = 353.33 ± 10.5 , PDA = 363.5 ± 24.5).

It was observed in Table 1 that, in the groups with induced periodontitis (PDS and PDA), the cement-enamel junction distance was significantly increased, and in the group that performed physical activity on the aquatic environment (PDA) the bone loss was significantly lower than in the group with periodontal disease alone (PDS).

It was possible to observe through Table 2 that the TNF- α expression significantly increased on the gingival tissue happens both on the muscular tissue of rats subjected or not to the physical activity on the aquatic environment, only on the groups with induced periodontitis (PDS and PDA).

Figure 1. Distribution of animal weights of all experimental groups ($p = 0.5060$).



Results about the area and smaller diameter in soleus muscular fiber, does not show significant statics differences. There was, however, a tendency on the increase of the area and smaller diameter on the CA group and the area of PDA group according to Table 3.

Table 4 shows that the conjunctive is decreasing significantly on the groups of induced periodontitis, subjected or not to swimming activities.

Morphological analysis of the soleus muscle

On the control group and sedentary (CS), the soleus muscle presented an abnormal morphology; the muscular fibers have the polygonal format with nucleus on the periphery position and fascicular pattern (Figure 2A).

The animals subject to the swimming activity (CA) some fiber presented themselves slightly hypertrophic, with a bigger area when compared to the other groups (Figure 2B) and with regular morphological characteristics.

On the periodontal disease group (PDS), the soleus muscle presented morphological changes directly in some fibers. It was observed some fibers with irregular format, disorganization on the cytoskeleton myofibrils (Figure 2C and Figure 2E), with an increase on the number of peripheral nucleus, many of which presented a queued aspect (Figure 2D) and centralized nucleus (Figure 2F). On the conjunctive, it was verified an increase on the endomysium (Figure 2D) and the presence of an inflammatory infiltrate (Figure 2G).

On the periodontal disease associated with activity on the aquatic environment (PDA) was observed few signs of muscle changes, although some fibers present an irregular format with nucleus on the central position and it was not verified any changes on the endomysium, neither the presence of inflammatory infiltrate (Figure 2H).

Table 1. Values of the cement-enamel junction distance to the alveolar bone crest of the established groups.

Groups	Means
CS	47,8 ± 1,2 A
CA	48,7 ± 1,2 A
PDS	84,5 ± 1,2 C
PDA	61,7 ± 2,2 B

Note: Values represent mean ± standard deviation.
Differents letters - statistically different data among the groups (p < 0.05).

Table 2. Values of TNF- α expression of all analyzed groups. Values are expressed in pg/ml.

Groups	Gingival tissue	Muscle tissue
CS	4,97 ± 0,17A	3,38 ± 0,88A
CA	4,60 ± 0,43A	3,52 ± 0,59A
PDS	5,35 ± 0,26B	4,39 ± 0,40B
PDA	5,67 ± 0,74B	4,53 ± 0,94B

Note: Values represent mean ± standard deviation.
Differents letters - statistically different data among the groups (p < 0.05).

Table 3. Values of area and smaller diameter of muscle tissue of all established groups.

Groups	Area (μm^2)	Smaller diameter (μm)
CS	2860,2 ± 210,6	43,1 ± 1,1
CA	3337,7 ± 157,7	45,8 ± 1,5
PDS	2945,2 ± 65,9	40,2 ± 1,5
PDA	3040,4 ± 136,8	43,9 ± 1,9

Note: Values represent mean ± standard deviation.
Differents letters - statistically different data among the groups (p < 0.05).

Table 4. Values of conjunctive tissue of all established groups.

Groups	Conjunctive tissue (%)
CS	10,0 ± 3,6 A
CA	6,3 ± 3,1 AB
PDS	3,4 ± 0,5 B
PDA	4,6 ± 1,6 B

Note: Values represent mean ± standard deviation
Differents letters - statistically different data among the groups (p < 0.05).

Discussion

The regular physical activity can offer a behavior strategy to limit the inflammation¹⁴. There is an increasing evidence that, additionally to other benefits, physical activity has an anti-inflammatory effect. The National Health and Nutrition Examination Survey, (NHANES III) verified that the higher the frequency of activity the lesser possibility to increase the C-reactive (PCR) protein and the counting of white cells on the blood¹⁸. On the other hand, the inverse association between physical activity and several inflammatory biomarkers, including the PCR, were found even in low intensity of activities¹⁹. Until now, there is no study has explored conjunctively the relation of physical activity with the inflammatory biomarkers during the periodontitis. This was the aim of this study was to evaluate the muscular tissue compartment of rats subjected to experimental periodontitis associated to physical activity.

It was possible to observe that the bone loss evaluated from the distance from the cementum-enamel junction to the alveolar bone crest was significantly increased only in the groups with induced periodontitis (DPS and DPE), demonstrating the efficacy of the experimental periodontal disease induction model (Table 1).

Moreover, it was possible to observe through table 1 that the expression of TNF- α is significantly increased, on the gingival tissue as well as on the muscular tissue of the rats subjected or not to the physical activity, only on groups with induced periodontitis, in accordance to the Arancibia, et al. (2013)⁷, who reports that the production of TNF- α e TGF- β is increased under inflammatory conditions and could suggest a predisposition to muscular injury or to difficulty to muscular recovering, once the TNF- α inhibits several cellular responses induced by the TGF- β 1, including the differentiation of the microfibrils, with the activation via Smad signalization (protein involved on inducing the α -SMA under

stimulation of TGF- β 1) and the production of key-molecules involved on the recovering tissue, such as collagen type 1, fibronectin (FN) and periostin.

Similarly, as to quantified conjunctive tissue (Table 4) it was possible to observe that it decreases significantly on the groups subjected to the experimental periodontitis, independently of physical activity

when compared to the controlled group. During the process of wound healing, the initial inflammatory stage is critical to the efficient healing, due to the fact that it promotes the recruitment of phagocytic cells to extinguish the pathogens which could have entered the tissues after reviling. Although the inflammation could delay the process of healing or the wounds or take it to develop an aberrant, granulate formation

Figure 2. Photomicrography of the soleus muscle on the Wistar rats, transversal cut, colored HE (A, B, C, D, F, G, H) and Mallory Trichrome (E). (A), group controlled (CS); (B), group swimming activity (CA); (C, D, E, F e G), Periodontal Disease group (PDS) and (H), Periodontal Disease associated with physical activity (PDA). In A, highlighting the muscle fibers with a polygonal format (F), peripheral nucleus (Np) and blood capillaries (Cs). In B, hypertrophied muscular fibers (F) preserving the structure and muscular organization. In C and E, disorganized presence of myofibrils (Dm). D, increase on the number of peripheral nucleus that presented themselves queued (circle). In F central nucleus (Nu) and G focus on the inflammatory infiltrated (If). In H, pointing out the morphological improvement, but still with the presence of central nucleus (Nu).

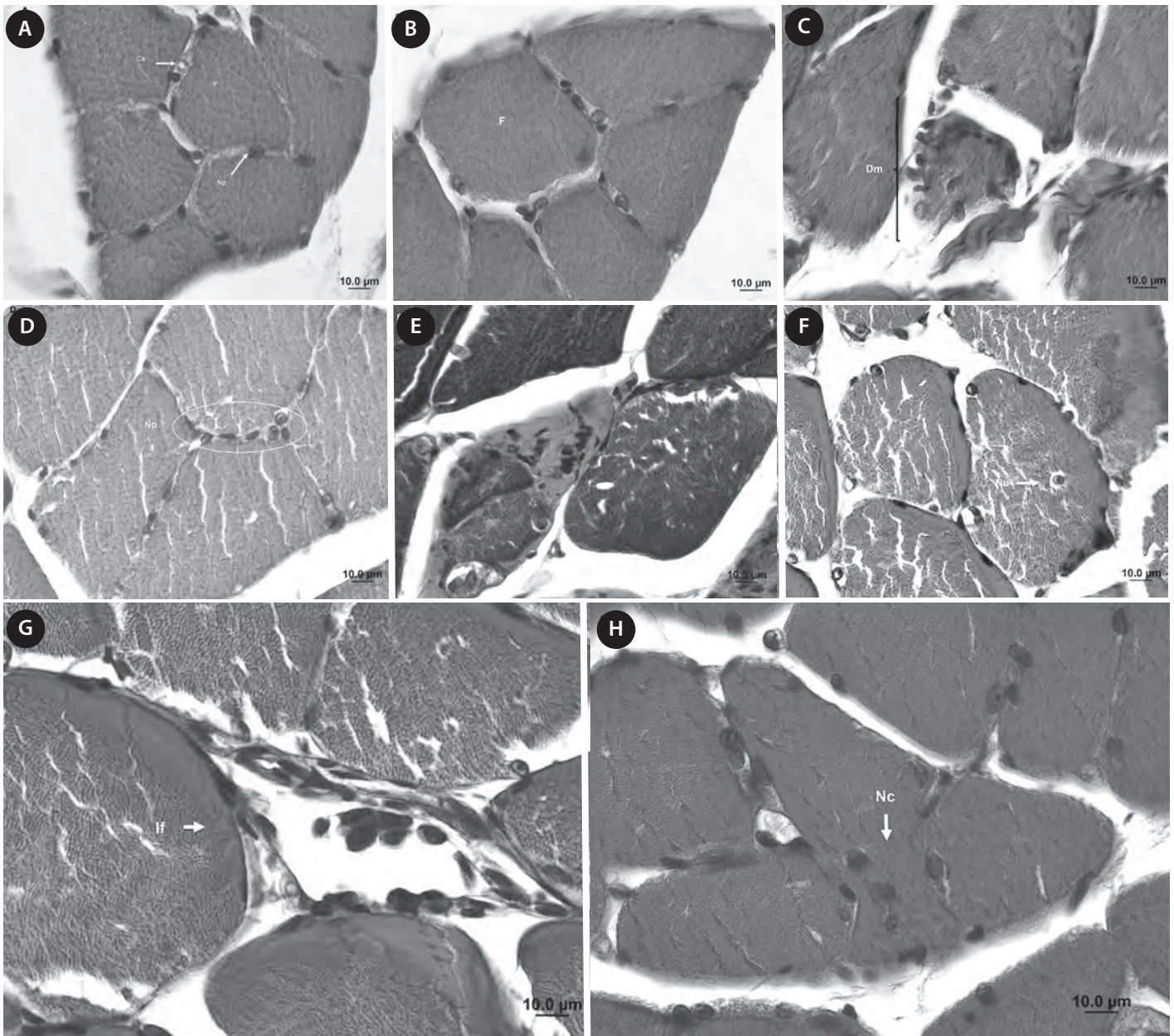
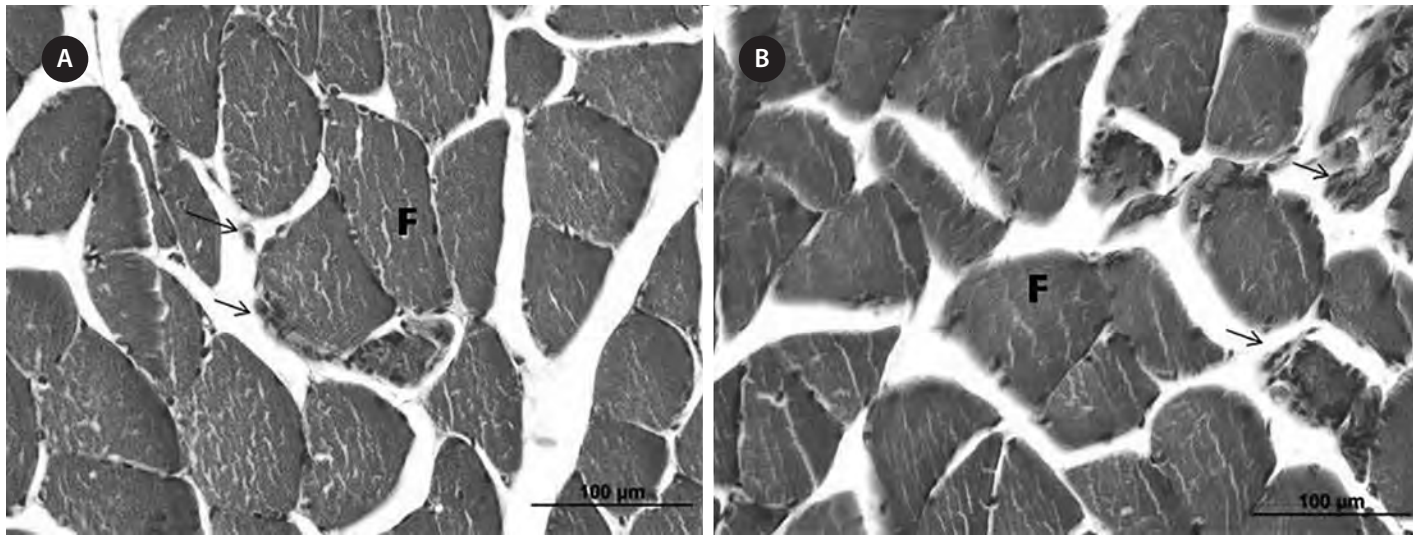


Figure 3. Photomicrography of the soleus muscle on the Wistar rats, colored HE. A – Periodontal Disease group (PDS) and B – Periodontal Disease associated with physical activity (PDA). muscle fibers (F) and inflammatory infiltrated (arrow).



of the tissue. Periodontal disease is considered a chronic inflammatory condition that destroys the tissues and could be prolonged on periods of quiescent or repair. Periodontal inflammation and the recovering of the tissue could actively interact, however, during the natural development of the periodontitis⁷.

Morphological data showed that the animals on the group CS presented muscular fibers with regular aspects, as well as the activity group (Figure 2A and Figure 2B)^{20,21}. Although the literature brings the swimming activity as to promote morphometric changes, as the increase on the area and the transversal section in muscular fibers²²⁻²⁴, on this study the used protocol was not able to change significantly this parameters (Table 3). As Oliveira, *et al* (2014)²⁵ observed on his study, the animals were subjected to swimming activity of high intensity and they did not show morphometric changes on the muscular fibers. The same occurred with the weight of the animals, which corroborated with the same study by Oliveira, *et al*²⁵, there was no significant alteration between the groups (Figure 1).

Opting for the swimming category is explained because this activity represents an aerobic activity that uses most of the articulation of the body as well as the use of muscles like the soleus, once the animals have to perform an plantar flexion to maintain themselves on the water surface²⁵, besides the increase on the cardiac and respiratory frequency, due to the viscosity property which offers resistance to movements in any direction, contributing to the muscular resistance training¹⁷. On the DP group, several morphological detrimental characteristics were found (Figure 2C and Figure 2F). The presence of many big nucleus, as on the periphery as well as centralized on the muscular fibers, presented signs of muscular degeneration, after having suffered changes from the systemic inflammatory process caused by the DP. According to Karalaki, *et al.* (2009)²⁶, plasticity of the muscular tissue in response to an injury depends on, among other, the functional satellite cells' role. These are on the healthy muscle and are found on the quiescence state. After injury, the support of factor of growing, proliferation and

differentiation, create myoblasts that go through the basal sliding the muscular fiber and release enzymes that assist the arrival on the injury place, promoting its recovering²⁷.

The increase on the inflammatory infiltrated number on the soleus muscle on the group DP (Figure 2G and Figure 3A) confirmed the results found on the analysis of the TNF- α expression (Table 2). These findings point at Souza, *et al.* (2013)²⁰ who verified on the gastrocnemius and anterior tibia muscles a higher quantity of inflammatory cells on the periodontal disease. The increase of cytokines as the IL-6 and TNF- α indicates that these substances can contribute to the recovering process²⁸.

The improvement on the morphological parameters on the experimental group DPE (Figure 2H and Figure 3B) can be related to the effects of physical activities upon the muscular physiology, on these animals it was observed that the activity promoted a regeneration on most of the muscular fibers, as well as the decrease on the inflammatory cells number. These data are similar to those found by Faria, *et al* (2008)²⁹ which evaluated the effect of swimming after a muscular injury, on a protocol of 5 to 8 days with 15 to 45 min sections respectively, and observed an improvement on the muscular morphology. Considering the determined experimental conditions we could observe that muscular tissue's behavior showed an acceleration on the regeneration process after physical activity in aquatic environment in rats with periodontitis experimental and there was a relation between the periodontal disease and the muscular morphological changes.

Bibliography

1. Burghardt PR, Fulk LJ, Hand GA, Wilson MA. The effects of chronic treadmill and wheel running on behavior in rats. *Brain Res.* 2004;10:84-96.
2. Pratesi A, Tarantini F, Di Bari M. Skeletal muscle: an endocrine organ. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism.* 2013;10:11-4.
3. Nieman DC. Influence of carbohydrate on the immune response to intensive prolonged exercise. *Exerc Immunol.* 1998;4:64-76.

4. Fehr HG, Lotzerich H, Michna H. Human macrophage function and physical exercise: phagocytic and histochemical studies. *Eur J Appl Physiol.* 1989;58:613.
5. Oliveira JAP, Hoppe CB, Gomes MS, Grecca FS, Haas AN. Periodontal Disease as a Risk Indicator for Poor Physical Fitness: A Cross-Sectional Observational Study. *J Periodontol.* 2015;86:44-52.
6. Pradhan AD, Manson JE, Rifai N, Buring JE, Ridker PM. C-reactive protein, interleukin 6, and risk of developing type 2 diabetes mellitus. *J Am Med Assoc.* 2001;286:327-34.
7. Arancibia R, Oyarzún A, Silva D, Tobar N, Martínez J, Smith P C. Tumor necrosis factor- α inhibits transforming growth factor- β -stimulated myofibroblastic differentiation and extracellular matrix production in human gingival fibroblasts. *J Periodontol.* 2013;84:683-93.
8. Liu KZ, Xiang XM, Man A, Sowa MG, Cholakis N, Ghiabi E, Singer DL, Scott DA. In vivo determination of multiple indices of periodontal inflammation by optical spectroscopy. *J Periodontol Res.* 2009;44:117-24.
9. Ebersole JL, Stevens J, Steffen MJ, Dawson ID, Novak MJ. Systemic endotoxin level in chronic indolent periodontal infections. *J Periodontol Res.* 2010;45:1-7.
10. Keelan JA, Wong PM, Bird PS, Mitchell MD. Innate inflammation response of human decidual cells to periodontopathic bacteria. *Am J Obstet Gynecol.* 2010;202:1-11.
11. Canetti AC, Kretchetoffl FY, Itolli CYK, Moreiral D, Fajaral FJC, Unterkircher CS. Production of monoclonal antibodies against *Streptococcus mutans* antigens. *Bras Oral Res.* 2006;20:297-302.
12. Tseng CW, Kyme P, Low J, Rocha MA, Alsabeh R, Miller LG, et al. *Staphylococcus aureus* Panton-Valentine leukocidin contributes of inflammation and muscle tissue injury. *PLoS One.* 2009;4:e6387.
13. Wada K, Kamisaki Y. Roles of oral bacteria in cardiovascular diseases –from molecular mechanisms to clinical cases: Involvement of *Porphyromonas gingivalis* in the development of human aortic aneurysm. *J Pharmacol Sci.* 2010;113:115-9.
14. Sanders AE, Slade GD, Fitzsimmons TR, Bartold PM. Physical activity, inflammatory biomarkers in gingival crevicular fluid and periodontitis. *J Clin Periodontol.* 2009;36:388-95.
15. Felipetti FA, Silva EO, Rangel ALCA, Nassar CA, Bonfleur ML, Balbo SL, et al. Evaluation of Alveolar Bone Mandibular of Rats Obese Induced at Monosodium Glutamate Undergoing Modified Duodenal-jejunal Bypass Surgery. *J Endocrinol Metab.* 2014;4:93-100.
16. Nassar PO, Nassar CA, Guimarães MR, Aquino SG, Andia DC, Muscara MN, et al. Simvastatin therapy in cyclosporine A-induced alveolar bone loss in rats. *J Periodontol Res.* 2009;44:479-88.
17. Artifon E L, Sílvia L I, Ribeiro L F C, Brancalhão R M C, Bertolini G R F. Aerobic training previous to nerve compression: morphometry analysis of muscle in rats. *Rev Bras Med Esporte.* 2013;19:66-9.
18. Ford ES. Does exercise reduce inflammation physical activity and C-reactive protein among US adults. *Epidemiol.* 2002;13:561-8.
19. Elosua R, Bartali B, Ordovas JM, Corsi AM, Lauretani F, Ferrucci L. Association between physical activity, physical performance, and inflammatory biomarkers in an elderly population: the InCHIANTI study. *J Gerontol. Series A, Biol Sciences Med Sciences.* 2005;60:760-7.
20. Souza BC. Impacto da condição periodontal nos níveis séricos de marcadores inflamatórios e no processo de reparo muscular de ratos wistar treinados e sedentários. (dissertação de mestrado). Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Accessed in 2016 April: <http://docplayer.com.br/3750211-Barbara-capitania-de-souza.html>
21. Kunz RI, Coradini JG, Silva LI, Kakhata CMM, Brancalhão RMC, Bertolini GRF, et al. Morphology of soleus and tibial anterior muscles of Wistar rats immobilized and remobilized in aquatic environment. *ConScientiae Saúde.* 2014;13:595-602.
22. Garcia BC, Filho JCSC, Vanderlei LCM, Pastre CM, Camargo RCT, Souza TA, et al. Effects of diet supplemented with omega-3 in soleus muscle of rats submitted to swimming: histological and morphometric analysis. *Rev Bras Med Esporte.* 2010;16:363-7.
23. Moret DG, Castoldi RC, Araújo RG, Spagnol AR, Papoti M, Filho JCSC. Morphological analysis of the medial gastrocnemio muscle submitted to a concurrent training protocol. *Rev Bras Ciênc Esporte.* 2013;35:587-97.
24. Simionato LH, Bortoluci CHF, Souza MYF, Santos TCP, Furtado MN, Carvalho RLP, et al. Comparison of Swimming Physical Training Effect of load and no load in striated skeletal muscle of rats. *Salusvita.* 2015;34:251-63.
25. Oliveira DR, Pinho ACA, Delise JDN, Nunes MP, Diniz LB, Neto HR, et al. Effect of swimming associated with different treatments on rat soleus muscle: histological and morphometric study. *Rev Bras Med Esporte.* 2014;20:74-7.
26. Karalaki M, Fili S, Philippou A, Koutsilieris M. Muscle Regeneration: Cellular and Molecular Events. *In vivo.* 2009;23:779-96.
27. Morgan JE, Patridge TA. Muscle satellite cells. *Int J Biochem Cell B.* 2003;35:1151-6.
28. Arnold L, Henry A, Poron F, Baba-Amer Y, van Rooijen N, Plonquet A, et al. Inflammatory monocytes recruited after skeletal muscle injury switch into antiinflammatory macrophages to support myogenesis. *J Exp Med.* 2007;204:1057-69.
29. Faria FET, Ferrari RJ, Distefano G, Ducatti AC, Soares KF, Montebelo MI, et al. The onset and duration of mobilization affect the regeneration in the rat muscle. *Histol Histopathol.* 2008;23:565-71.

Influence of intermittent aerobic performance on the variables of static and dynamic apnea performances

Álvaro Cristian Huerta Ojeda^{1,2,6*}, Sergio Andrés Galdames Maliqueo^{2,3,6}, Rafael Guisado Barrilao⁴, Pablo Andrés Cáceres Serrano^{5,6}, Alejandra Paulina Araya Arancibia⁶, Petar Danko Sironvalle Argandoña⁶

¹Universidad de Las Américas sede Viña del Mar, Chile. ²Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports, Chile. ³Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Chile. ⁴Universidad de Granada. ⁵Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. ⁶Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física y Deporte ISAFYD, Facultad de Educación, Universidad de Las Américas, Chile.

Recibido: 04.01.2017

Aceptado: 24.04.2017

Summary

Over the last years, sport diving has become one of the most studied physical activities. Several physiological responses have been described and analyzed during immersions of static, dynamic, and deep apnea sessions. These analyses, and several others, have been focused mainly on the cardiovascular and hemodynamic changes that this activity produces.

Objective: To determine the influence of aerobic performance of static and dynamic apnea before and after an out-water training based on the average velocity of a 12-minute test.

Material and Method: Eight apnea scuba divers of the Chilean Navy were part of this study. The variables measured were: aerobic performance measured through a 12-minute test, static and dynamic apnea. The protocol used for the aerobic performance development was a study based on the average velocity of a 12-minute test. The statistical analysis was performed with Student's t-test and the size of the effect with Cohen's d test.

Results: The aerobic performance showed a significant increase between the pre and post-test ($p < 0.001$; size of the effect = 1.263). The static apnea did not show significant modifications ($p > 0.05$; size of the effect = 0.025). Lastly, the dynamic apnea showed a significant increase in both measurements ($p < 0.05$; size of the effect = 0.404).

Conclusions: The result of the study showed that increasing the aerobic performance generates a rise in the distance of dynamic apnea. For that reason, it is suggested that apnea scuba divers perform out-water trainings based on the average velocity of 12-minute test as a complement to their immersion training.

Key words:

Aerobic performance.
Static apnea.
Dynamic apnea.
12-minute test. Average velocity of 12-minute test.

Influencia del rendimiento aeróbico intermitente sobre las variables de rendimiento de la apnea estática y dinámica

Resumen

En los últimos años, el buceo deportivo se ha convertido en una de las actividades físicas más estudiadas. Dentro de estas investigaciones, se han descrito y analizado las respuestas fisiológicas corporales durante las inmersiones de apnea estática y dinámica. De forma específica, los análisis se han centrado principalmente en los cambios cardiovasculares y hemodinámicos que esta actividad deportiva produce.

Objetivo: Determinar la influencia del rendimiento aeróbico en la apnea estática y dinámica antes y después de un entrenamiento fuera del agua basado en la velocidad promedio obtenida a través del test de 12 minutos.

Material y Método: Ocho buceadores de apnea perteneciente a la Escuela Naval de la Armada de Chile fueron parte del estudio. Las variables medidas fueron: rendimiento aeróbico a través del test de 12 minutos, apnea estática y dinámica. El protocolo usado para el desarrollo del rendimiento aeróbico fue basado en la velocidad promedio del test de 12 minutos. El análisis estadístico fue realizado a través de una t de Student y el tamaño del efecto con una d de Cohen.

Resultados: El rendimiento aeróbico mostró incrementos significativos entre el pre test y el post test ($p < 0,001$; tamaño del efecto = 1,263). La apnea estática no mostró cambios significativos ($p > 0,05$; tamaño del efecto = 0,025). Finalmente, la apnea dinámica mostró incrementos significativos entre ambas mediciones ($p < 0,05$; tamaño del efecto = 0,404).

Conclusiones: El resultado del estudio mostró que un incremento en el rendimiento aeróbico genera un aumento en la distancia alcanzada en apnea dinámica. Por tal razón, se sugiere que los buceadores de apnea realicen entrenamientos fuera del agua. Por último, los entrenamientos pedestres basados en la velocidad promedio de la prueba de 12 minutos, son un buen complemento del entrenamiento de inmersión.

Palabras clave:

Rendimiento aeróbico.
Apnea estática.
Apnea dinámica.
Test de 12 minutos.
Velocidad promedio del test de 12 minutos.

Correspondencia: Álvaro Cristian Huerta Ojeda

E-mail: achuertao@yahoo.es

Introduction

Over the last years, sport diving has turned into one of the most studied physical activities¹. Several physiological responses have been described and analyzed during immersions of static, dynamic, and deep apnea sessions²⁻⁴. These analyses, and several others, have been focused mainly on the cardiovascular and hemodynamic changes that this activity produces⁵⁻⁷. In connection to these hemodynamic and cardiovascular changes demonstrated in the apnea practice, it has been described that during 215 ± 35 s of immersion the heart rate (HR) decreases by 20 beats per minute, while *systolic and diastolic blood pressure (SBP, DBP)* show an increase of 23 and 17 mmHg respectively during the first 20 ± 3 s (phase I). Then, in the following 92 ± 15 s both the HR and the blood pressure (BP) showed stability (phase II). Later, during the last 103 ± 29 s, SBP and DBP increased in a linear fashion reaching values close to 60% when comparing them with control, while HR remains unchanged (phase III). Lastly, the cardiac output (Q) was reduced by a 35% in phase I, while in phases II and III it did not show significant changes¹. Several studies have reported that the SaO₂ decreased along with immersion^{6,8,9}.

In this context, a significant decrease has been observed in the arterial oxy-hemoglobin saturation level (SaO₂) during maximum immersion and dry apnea. However, decrease in SaO₂ is significantly higher during immersion when compared to dry apnea ($p = 0.04$)⁸.

Concerning the physiological factors that are more challenging in static and dynamic apnea practice, several studies have described that HR, stroke volume (SV) and Q, SBP, DBP, mean blood pressure (MBP), systemic vascular resistance (SVR), SaO₂, spleen and lungs size condition the performance in static and dynamic apnea^{10,11}. Similarly, the same hemodynamic, cardiac, and lung variables show a direct relation with aerobic performance and VO₂max^{12,13}. Therefore, it is likely that aerobic training enhances apnea performance.

Despite the fact that apnea diving has been widely studied, many of those studies have only been based on the organic responses^{6,7}. Studies have also tried to measure some of the pathologies resulted from this practice^{14,15}, but in only a few opportunities the adaptations to training processes have been visualized¹⁶. More precisely, only some hemodynamic differences among divers and non-divers have been proved¹⁷. In this investigation, Tocco *et al.*¹⁷ showed that divers trigger a bradycardia and an adjustment in the systemic vascular resistance faster than the control subjects, in particular in heart rate and systemic vascular resistance¹⁷. Similarly, Nishiyasu *et al.*¹⁸, showed the relationship present between the degree of bradycardia induced by apnea and the vascular response in arms and legs during knee extension exercises. This research showed that the subject with a greater bradycardia, by breath holding during knee extension during the exercise, also showed a greater vasoconstriction in both active and inactive muscles¹⁸. It is safe to infer that intermittent endurance training for this population is limited or otherwise the results and adaptations in out-water training have not been published.

In connection to the changes in aerobic and VO₂max performance generated from high-intensity interval training, this training method has shown a significant increase in VO₂max when compared with other training methods of low intensity^{19,20}. Unfortunately, there is not enough evidence on intermittent endurance training and/or out-water trainings

being performed by divers in order to increase aerobic performance and hence increase their performance in static, dynamic or deep apnea tests. The main objective of this research was to determine the influence of the aerobic performance over static and dynamic apnea before and after the performance of an intermittent endurance training based on average velocity of 12-minute test.

Material and method

Experimental approach to the study. Chile is comprised of more than 4,000 meters of coastline making diving practice very attractive for the population. However, the low temperature of the ocean (14 to 17 °C)²¹ only allows the sport to be practiced in the warmer months of the year (October – April). That is why divers have to perform two types of training during the colder months of the year (May – September). On one hand, they perform indoor training in swimming pools – *a high-cost alternative of difficult access*, and, on the other hand, *they develop their physical condition* mainly through peak oxygen uptake (VO₂max) performing intermittent endurance training.

Subjects. Eight male apnea divers from the Chilean Navy (age: 20.2 ± 1.22 years, weight: 73.6 ± 5.3 Kg, height: 176.6 ± 5.3 cm, Body Mass Index: 23.6 ± 1.5 Kg/m², fat percentage: $15.3 \pm 2.9\%$) were part of the study (Table 1). In order to define the sample, years of experience performing apnea diving was an inclusion criteria. Subjects had a minimum of two years of diving practice. During these two years, all subjects were part of 3 weekly session trainings (two session in a heated pool at 26 °C and one session in the ocean with temperatures ranging from 14 °C to 17 °C)²¹. As an inclusion criterion, the selection of participants only included those subjects who did not smoke and were not taking any medication that could risk their health by performing high-intensity tests (12-minute test) and dynamic and static apnea.

All sportsmen and coaches were informed about the aim of the study and the possible risks of the experiment. Subsequently, they all signed a written consent before starting the protocol. The signed consent and the study were approved by the Human Investigation Committee of the University of Granada, Spain (register number 231/CEIH/2016).

Before starting the study, weight, height, and skin folds were measured in all subjects. All subjects of the investigation were asked to not ingest caffeine, any drugs or substances that would increase their metabolism

Table 1. Characteristics of the sample (median \pm SD).

Experimental group (n = 8)	
Age (years)	20.7 \pm 1.2
Height (cm)	175.0 \pm 5.6
Weight (Kg)	72.4 \pm 5.4
BMI	23.7 \pm 1.7
Body fat (%)	15.5 \pm 2.7
Initial distance of 12-minute test (m)	3118.4 \pm 148.5
Aerobic performance (mL·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	55.0 \pm 3.4

BMI (body mass index); SD (standard deviation); mL·Kg⁻¹·min⁻¹ (milliliters of oxygen per kilogram of body weight per minute).

48 hours before pre and post test. Also, subjects were asked not to perform any vigorous activities twelve hours before the pre and post test. The time lapse of intake of the last meal before the tests was also controlled. The time registered was two hours for pre and post test.

Protocols and variables. Weight and height were measured with a Health Stadiometer Scale or Meter Professional® to characterize the sample. Skin folds were measured with a F.A.G.A.® caliper. Biceps, Triceps, Subscapular and Supra Supraspinal were measured to determine fat percentage using the Durnin & Womersley method²².

The application of protocol used a pre-experimental intra-subject design with a pre and post test. *This study used the application of a training session based on average velocity of 12-minute test (AV.12-min test) obtained through a 12-minute test.*

Aerobic performance. The aerobic performance was evaluated with a 12-minute test (Cooper test). This test is able to measure the peak indirect oxygen uptake and the average velocity. This test was selected due to its convenience to assess all subjects simultaneously, also because minimum equipment was needed and it proved to be a good cardiovascular indicator. This test shows a strong correlation with the peak oxygen uptake. Therefore, the 12-minute test is an objective test that reflects the cardiovascular condition of an individual^{23,24}. The evaluation was carried out in a 400-meter athletic track before and after the application of an experimental protocol based on AV.12-min test. Before the evaluation, subjects were encouraged to cover as much distance as possible and, during the test application, all participants received oral cheers from their diving coaches as well as from the researchers. With regard to the time in which the 12-minute test was performed, both the pre and post test were performed at 12:00 pm. This allowed the researcher to control specific variables such as temperature, humidity, and wind. The environmental conditions in which the test was performed were: 18°C and 34% relative humidity. The post test environmental conditions were: 20°C and 37% relative humidity.

The distance covered was measured in meters and then converted into kilometers (Km). The VO₂max was obtained with the following equation²³:

$$VO_2\text{max (mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = (22.351 \times \text{distance in kilometers}) - 11.288$$

Also, the average velocity of 12-minute test (AV.12-min test) applied in the experimental protocol was determined through a 12-minute test:

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

Apnea evaluation. In connection to the static and dynamic apnea, these were performed in a pool measuring 50 meters in length and two meters deep with a water temperature of 26°C. Both tests were carried out during the same day (static apnea was evaluated first, and dynamic apnea second). With regard to the time the dynamic and static apnea test was performed, both the pre and post test were performed at 12:00 pm. This allowed the researcher to control specific variables such as temperature and humidity. The environmental conditions were the following: 26°C and 63% relative humidity.

Static apnea. In order to determine the performance of static apnea, the authors measured the longest period of time in seconds (s) that each subject held their breath with their entire body under water. In connection to time recording, the timer started when the subject submerged their airways into the pool and it was stopped when any or all airways would surface. Each subject was evaluated individually, and the protocol considered a resting time of three minutes before starting the test. Also, during the application of the test, all subjects were allowed to be near the edge of the pool.

Dynamic Apnea. In order to determine the performance in dynamic apnea, the authors considered the greatest distance in meters (m) that each subject could swim in a horizontal position after one single immersion at two meters deep in the pool. Subjects were located at one of the ends of the first pool lane with the sole of their feet touching the wall, placing one hand on the starting platform, and looking at

Table 2. Structure of the Aerobic Training Program based on the average velocity of a 12-minute Test.

Months	February											
Week	1			2			3			4		
Type of Microcycle	In			Lo			Lo			Re		
Sessions by Microcycle	3			3			3			3		
Load per session	CT	SA & DA	3x1200 90% re 3:30	5x800 90% re 1:00	6x1000 90% re 1:30	2x2000 85% re 2:30	3x1200 90% re 1:00	1x6000 80%	3x1600 85% re 2:00	3x800 100% re 2:00	2x2000 90% re 3:00	1x3000 85%
Weekly volume (m)	3600			14000			14400			10200		
Average velocity in 12 - minute test	90%			87%			85%			92%		
Periods	Accumulation											
Low intensity												
Middle intensity												
High intensity												

CT (Cooper Test [12-minute test]); SA (static apnea); DA (dynamic apnea); In (introduction); Lo (load); Re (regenerative); Co (competitive); m (meters); MAV (maximum aerobic velocity); % (percent); re (rest).

the direction of the apnea. All movements had to be performed at the bottom of the pool. In relation to the evaluator, he was standing at the edge of the pool. The distance considered for dynamic apnea was measured from the edge of the pool until the point where the head of the divers emerged. In case of reaching the opposite end of the pool, subjects had to touch the end wall with hands and feet and then return in the opposite direction. A metric tape was placed at the edge of the pool in order to determine the exact distance reached in dynamic apnea.

Treatment. The aim of the protocol application was to develop VO_2 max in divers connected to the AV.12-min test. This training plan was performed under the application of the periodization model of Block, specifically the Accumulation, Transformation and Realization model (ATR). This periodization model was used since it is one of the most used models to increase VO_2 max in endurance sports²⁵. The ATR model is characterized by allowing a better concentration of the training load²⁶. This load concentration is the most decisive and important component of the block planning^{27,28}. In connection to the program, this consisted of three mesocycles. The first mesocycle of accumulation consisted of obtaining the largest possible training volume. Then, in the transformation phase, the volume was reduced and the intensity increased. Finally, in the performance stage, the intensity was increased and the volume was adjusted to the projected distance in the 12-minute test (Table 2 and Figure 1).

Statistical Analysis. The variables of VO_2 max, static apnea time, and dynamic apnea time were analyzed with the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test. The differences between pre and post test were analyzed with a Student's t-test and intra-class correlation coefficient (ICC), while the size of the effect (SE) was calculated using Cohen's d test. This analysis considered the following values: insignificant ($d < 0.2$), small ($d = 0.2$ hasta 0.6), moderate ($d = 0.6$ a 1.2), big ($d = 1.2$ a 2.0), or very big ($d > 2.0$). The level of significance for all statistical analysis was $p < 0.05$. The data analysis was performed with Graphpad Instat Versión 3.05® software.

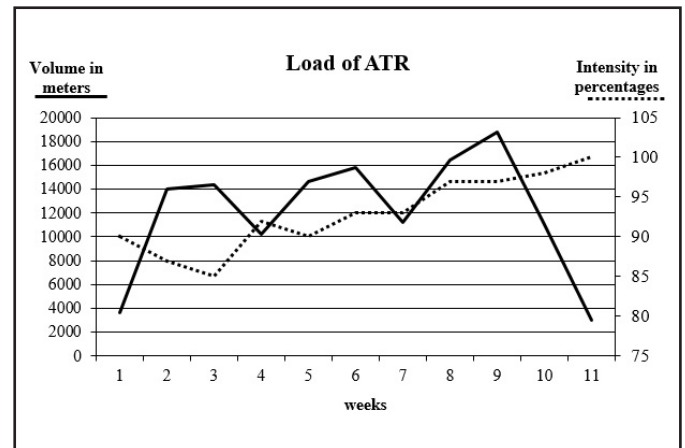
Results

Progressions and differences. The VO_2 max obtained through the 12-minute test was significantly higher in post test than in pre test ($p < 0.0001$; $SE = 1.263$). Static apnea time was not significantly different between the pre and post test training period ($p > 0.05$; $SE = 0.025$). Finally, dynamic apnea distance was significantly higher in post test than in pre test ($p < 0.05$; $SE = 0.404$) (Table 3).

Discussion

The main observation in this study was that the dynamic apnea performance significantly increased after post exercise training intervention compared to pre-test, suggesting that the out-water endurance exercise training program in this study enabled the improvement of apnea diving performance.

Figure 1. Volume and intensity distribution of the Aerobic Training Program based on the average velocity of a 12-minute Test.



March										April										
5			6			7				8		9			10		11			
Lo			Lo			Re				Lo		Lo			Re		Co			
3			3			3				3		3			3		3			
4x1200 90% re 1:30	6x800 100% re 2:00	1x5000 80%	6x1000 95% re 1:30	6x800 100% re 1:00	1x5000 85%	6x800 100% re 1:30	2x2000 90% re 2:30	1x4000 90%	6x800 100% re 1:30	7x1200 90% re 1:30	2x1600 100% re 3:30	6x1000 100% re 2:30	4x2000 90% re 2:30	2x2400 100% re 4:30	5x800 100% re 1:30	2x2000 95% re 3:30	1x3000 95%	CT	SA & DA	
14600			15800			11200				16400		18800			11000		3000			
90%			93%			93%				97%		97%			98%		100%			
Transformation										Realization										

Table 3. Distance of 12-minute test, estimated VO₂max, time in static apnea and distance in dynamic apnea before and after a training session based on the average velocity of a 12-minute test.

	pre test median ± SD	post test median ± SD	t de Student	d de Cohen	ICC
12-minute test distance (m)	2966 ± 154	3179 ± 182	***	1.263	0.83
Estimated VO₂max mL·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹	55.0 ± 3.4	59.7 ± 4.0	***	1.263	0.83
Static apnea time (s)	91.4 ± 35.7	92.3 ± 11.2	ns	0.025	0.44
Dynamic apnea distance (m)	36.2 ± 11.2	40.9 ± 12.3	*	0.404	0.92

mL·Kg⁻¹·min⁻¹ (milliliters of oxygen per kilogram of body weight per minute); s (seconds); m (meters); SD (standard deviation); ns (not significant); ICC (intraclass correlation coefficient); * p < 0.05; *** p < 0.001.

As previously mentioned, most of the research collected has been focused on cardiovascular and hemodynamic changes in static and dynamic apnea²⁹. Therefore, the focus of this research is based on the usage of out-water training methods as a companion to the specific training of apnea diving. It is difficult to compare and debate over supplementary intermittent endurance trainings applied to diving practice, since some researchers conducted endurance training that increased aerobic performance with the capacity of static and dynamic apnea. However, the authors could not find information connected to training methods that would increase aerobic performance or VO₂max. In this last case, the evidence is vast and varied^{26,27}. Nonetheless, Kapus *et al.*³⁰ reported that after a one-year intervention there was significant evidence of changes in the diver's capacity to perform maximum static apnea but, due to the fact that the study was a case study, more research was needed to establish the influence of the individual components of apnea training for diving performance.

Only a few studies have reported the increase of static and dynamic apnea performance with a rise in the aerobic performance through intermittent endurance training. Most of the interventions consulted for this research showed hemodynamic and cardiovascular variables^{5,6,9}, but only a few concluded that static and dynamic apnea can be influenced by other variables. Such is the case of Kjeld *et al.*³¹, these researchers evaluated if the ischemic pre-conditioning of the forearm affected static and dynamic apnea under water. The researchers showed evidence that the ischemic pre-conditioning reduced the oxygen saturation of 65 to a 19%. A different study made a correlation between the degree of bradycardia induced by apnea and the degree of vasoconstriction of legs and arms during the dynamic extension of both knees¹⁸. At the same time, Schiffer *et al.* observed the effects of inorganic nitrate supplementation on the diet over static and dynamic apnea³². They concluded that nitrate supplementation reduced oxygen saturation in comparison to the placebo.

Even though the literary review for this article did not include researches connected to out-water treatments for the development of VO₂max, this variable is fundamental to increase the performance in both static and dynamic apnea. That is why the authors have constantly monitored the variables that are directly connected to the VO₂max and

their athletic performance^{33,34}. There is also a connection to the diver's safety, mainly to the flux of oxygen to the brain in apnea conditions³⁵⁻³⁷ or pulmonary edemas post immersion¹⁵.

As evidenced in this research, the out-water treatment together with the diver's apnea training was useful to improve their performance. Likewise, it has been shown that the implementation of field test, such as the 12-minute test, and the determination of the VO₂max^{23,24} allowed the design and implementation of personalized exercises based on AV.12-min test.

Finally it is worth mentioning that this research operated only on the VO₂max based on intermittent endurance training. It is suggested to implement extra training to the muscles involved in the respiratory cycles such as the diaphragm³⁰ and glossopharyngeal insufflations³³. It is also important to consider a control group for future research. In this study, it was difficult to include a control group since apnea divers population was limited. Furthermore, placing inexperienced subjects under tests of maximum static and dynamic apnea carries risks to their integrity.

Conclusions

The result of the study showed that increasing the aerobic performance generates a rise in the distance of dynamic apnea. For that reason, it is suggested that apnea scuba divers perform out-water trainings based on AV.12-min test as a supplement to their immersion training.

Acknowledgements

We specially want to thank the Chilean Navy School Arturo Prat for allowing us the access to its facilities and work with the Diving team. Also, to all apnea divers who took part in this research.

Bibliography

1. Perini R, Gheza A, Moia C, Sponsiello N, Ferretti G. Cardiovascular time courses during prolonged immersed static apnoea. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(2):277-83.

2. Schagatay E. Predicting performance in competitive apnoea diving. part I: Static apnoea. *Diving Hyperb Med.* 2009;39(2):88-99.
3. Schagatay E. Predicting performance in competitive apnea diving. part II: Dynamic apnea. *Diving Hyperb Med.* 2010;40(1):11-22.
4. Schagatay E. Predicting performance in competitive apnea diving. part III: Depth. *Diving Hyperb Med.* 2011;41(4):216-28.
5. Breskovic T, Uglesic L, Zubin P, Kuch B, Kraljevic J, Zanchi J, et al. Cardiovascular changes during underwater static and dynamic breath-hold dives in trained divers. *J Appl Physiol.* 2011;111(3):673-8.
6. Costalat G, Coquart J, Castres I, Tourny C, Lemaitre F. Hemodynamic adjustments during breath-holding in trained divers. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(10):2523-9.
7. Fagoni N, Sivieri A, Antonutto G, Moia C, Taboni A, Bringard A, et al. Cardiovascular responses to dry resting apnoeas in elite divers while breathing pure oxygen. *Respir Physiol Neurobiol.* 2015;219:1-8.
8. Marabotti C, Piaggi P, Menicucci D, Passera M, Benassi A, Bedini R, et al. Cardiac function and oxygen saturation during maximal breath-holding in air and during whole-body surface immersion. *Diving Hyperb Med.* 2013;43(3):131-7.
9. Marongiu E, Crisafulli A, Ghiani G, Olla S, Roberto S, Pinna M, et al. Cardiovascular responses during free-diving in the sea. *Int J Sports Med.* 2015;36(4):297-301.
10. Tocco F, Marongiu E, Pinna M, Roberto S, Pusceddu M, Angius L, et al. Assessment of circulatory adjustments during underwater apnoea in elite divers by means of a portable device. *Acta Physiol.* 2013;207(2):290-8.
11. Schagatay E, Richardson MX, Lodin-Sundstroem A. Size matters: Spleen and lung volumes predict performance in human apneic divers. *Front Physiol.* 2012;3:1-8.
12. Hellsten Y, Nyberg M. Cardiovascular adaptations to exercise training. *Compr Physiol.* 2016;6(1):1-32.
13. Kovacs R, Baggish AL. Cardiovascular adaptation in athletes. *Trends Cardiovasc Med.* 2016;26(1):46-52.
14. Kjeld T, Jattu T, Nielsen HB, Goetze JP, Secher NH, Olsen NV. Release of erythropoietin and neuron-specific enolase after breath holding in competing free divers. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(3):253-7.
15. Lambrechts K, Germonpre P, Charbel B, Cialoni D, Musimu P, Sponsiello N, et al. Ultrasound lung "comets" increase after breath-hold diving. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(4):707-13.
16. Waltersbacher S, Scholz T, Tetzlaff K, Sorichter S. Breath-hold diving: Respiratory function on the longer term. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7): 214-9.
17. Tocco F, Crisafulli A, Melis F, Porru C, Pittau G, Milia R, et al. Cardiovascular adjustments in breath-hold diving: Comparison between divers and non-divers in simulated dynamic apnoea. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(2):543-54.
18. Nishiyasu T, Tsukamoto R, Kawai K, Hayashi K, Koga S, Ichinose M. Relationships between the extent of apnea-induced bradycardia and the vascular response in the arm and leg during dynamic two-legged knee extension exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2012;302(3):864-71.
19. Vesterinen V, Häkkinen K, Laine T, Hynynen E, Mikkola J, Nummela A. Predictors of individual adaptation to high-volume or high-intensity endurance training in recreational endurance runners. *Scand J Med Sci Sports.* 2016;26:885-93.
20. Vesterinen V, Nummela A, Heikura I, Laine T, Hynynen E, Botella J, et al. Individual endurance training prescription with heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(7):1347-54.
21. Alonso JA. Aproximación al estudio de las corrientes oceánicas y su influencia en el clima: El fenómeno de la corriente de el niño. *Nimbus Rev Climat Meteorol Paisaje.* 1999;3:5-26.
22. Durnin J, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32(01):77-97.
23. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake: Correlation between field and treadmill testing. *JAMA.* 1968;203(3): 201-4.
24. Bandyopadhyay A. Validity of cooper's 12-minute run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. *Biol Sport.* 2015;32(1):59-63.
25. Ramos S, Ayala CF, Aguirre HH. Planificación del entrenamiento en Juegos Suramericanos Medellín 2010. Modelos, duración y criterios. *Rev UDCA Act & Div Cient.* 2012;15:67-76.
26. Dantas EHM, García-Manso JM, de Godoy ES, Sposito-Araujo CA, Gomes AC. Applicability of the periodization models of the sport training. A systematic review. *Rev Int Cienc Deporte.* 2010;6(20):231-41.
27. Issurin V, Yessis M. Entrenamiento deportivo: Periodización en bloques. Barcelona. Editorial Paidotribo; 2012;p.417-8.
28. Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med.* 2010;40(3):189-206.
29. Kiviniemi AM, Breskovic T, Uglesic L, Kuch B, Zubin P, Sieber A, et al. Heart rate variability during static and dynamic breath-hold dives in elite divers. *Auton Neurosci.* 2012;169(2): 95-101.
30. Kapus J, Usaj A, Jeranko S, Daic J. The effects of seasonal training on heart rate and oxygen saturation during face-immersion apnea in elite breath-hold diver: A case report. *J Sports Med Phys Fitness.* 2016;56(1-2):162-70.
31. Kjeld T, Rasmussen MR, Jattu T, Nielsen HB, Secher NH. Ischemic preconditioning of one forearm enhances static and dynamic apnea. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(1):151-5.
32. Schiffer TA, Larsen FJ, Lundberg JO, Weitzberg E, Lindholm P. Effects of dietary inorganic nitrate on static and dynamic breath-holding in humans. *Respir Physiol Neurobiol.* 2013;185(2): 339-48.
33. Batinic T, Utz W, Breskovic T, Ordan J, Schulz-Menger J, Jankovic S, et al. Cardiac magnetic resonance imaging during pulmonary hyperinflation in apnea divers. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(11):2095-101.
34. Batinic T, Mihanovic F, Breskovic T, Zubin-Maslov P, Lojpur M, Mijacika T, et al. Dynamic diaphragmatic MRI during apnea struggle phase in breath-hold divers. *Respir Physiol Neurobiol.* 2016;222: 55-62.
35. Dujic Z, Breskovic T, Bakovic D. Breath-hold diving as a brain survival response. *Transl Neurosci.* 2013;4(3):302-13.
36. Cross TJ, Kavanagh JJ, Breskovic T, Johnson BD, Dujic Z. Dynamic cerebral autoregulation is acutely impaired during maximal apnoea in trained divers. *PLoS ONE.* 2014;9(2): e87598.
37. Eichhorn L, Erdfelder F, Kessler F, Doerner J, Thudium M, Meyer R, et al. Evaluation of near-infrared spectroscopy under apnea-dependent hypoxia in humans. *J Clin Monit Comput.* 2015;29(6):749-57.

TOM-Scale: a new method to programme training sessions loads in football

Alejandro Muñoz López¹, Blanca de la Cruz², José Naranjo¹

¹Pablo de Olavide University, Seville. ²University of Seville, Seville.

Recibido: 26.01.2017

Aceptado: 04.05.2017

Summary

There are several methods to control both the training and match load in football. However, most of these methods do not specify a clear methodology to pre-quantify this training or match load. The aim of this study was to develop a football specific training load monitoring scale (TOM-scale) to programme the session training load. 18 professional football players from the Latvian National Football Team were tracked throughout 466 football sessions, with individual sessions ranging from 13 to 24 for each player. Players were tracked using a multisensor device including a 5 Hz Global Positioning System, a 1000 Hz triaxial accelerometer and a heart rate monitor band. A football specific scale was developed to establish session training load prior to it. This scale is based on commonly football training tasks categories, with specific set parameters for each one. External training load variables involved total running distance, % of high intensity actions ($> 14.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), number of accelerations and decelerations, sprints ($> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) and impacts. Internal training load variables were % heart rate maximum, Banister TRIMP and Edwards TRIMP. The results showed positive significant correlations ($p < 0.05$) from moderate ($r > 0.40$) to very large ($r < 0.90$) between TOM-scale training load and all the external and internal training load variables studied. In conclusion, although this new method does not avoid of controlling the real training load to assess the way the football players cope with the individual training loads, TOM-scale may be useful to programme football sessions and adopt a periodization strategy over the season to, in example, avoid non-functional overreaching phases and/or undesirable high isolated performance peaks.

Key words:

Quantification.
Periodization. GPS.
Performance.

TOM-Scale: un nuevo método para programar las cargas de sesiones de entrenamiento en el fútbol

Resumen

En la actualidad, existen diferentes métodos para controlar la carga de entrenamiento y partido en fútbol. Sin embargo, la mayoría de estos métodos no proponen una metodología de programación de dicha carga de entrenamiento o partido. El objetivo de este estudio fue desarrollar una escala específica para programar la carga de entrenamiento en fútbol (TOM-Scale). 18 jugadores profesionales pertenecientes a una selección profesional de jugadores de fútbol europea fueron monitorizados durante un total de 466 sesiones individuales, con una participación individual de 13 a 24 sesiones por jugador. La carga de entrenamiento fue registrada con un dispositivo multisensor el cual incluía un GPS de 5Hz, un acelerómetro de 1000 Hz y una banda de frecuencia cardíaca. Se desarrolló una escala específica en fútbol para establecer la carga de entrenamiento previo a la realización del mismo. Esta escala está basada en la categorización de tareas comunes en los entrenamientos en fútbol, donde posteriormente se especifican en base a parámetros específicos. Las variables de carga externa de entrenamiento contrastadas fueron la distancia total recorrida, el % de acciones de alta intensidad ($> 14.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), el número de aceleraciones y desaceleraciones, el número de sprints ($> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) y los impactos. Las variables de carga interna utilizadas fueron el % de la frecuencia cardíaca máxima, Banister TRIMP y Edward TRIMP. Los resultados mostraron correlaciones positivas significativas ($p < 0,05$) desde moderadas ($r > 0,40$) a muy grandes ($r < 0,90$) entre TOM-Scale y todas las variables de carga interna y externa estudiadas. En conclusión, aunque este nuevo método no exige de controlar las cargas de entrenamiento para contrastar las diferentes asimilaciones individuales de la carga de entrenamiento, es útil para programar sesiones de entrenamiento en fútbol y adoptar estrategias de periodización para, por ejemplo, evitar fases de sobre-entrenamientos no funcionales y/o picos altos de forma aislados no deseados.

Palabras clave:

Quantificación.
Periodización. GPS.
Rendimiento.

Correspondencia: Alejandro Muñoz López

E-mail: amunlop@gmail.com

Introduction

In recent years, several training load (TL) quantification (TL-Q) methods have been widely used with the aim of creating positive adaptations through different kind of stimuli¹. After a fatiguing stimulus, the body falls into a supercompensation phase, turning into an overtraining phase if the stimulus is too fatiguing². Thus, a functional overtraining status may be required to induce positive adaptations²; hence, the TL during the programming phase is important and necessary.

TL has been defined as the product of volume x intensity³, and its quantification has been proposed as an effective strategy to prevent possible injuries⁴. In intermittent sports such as football, TL-Q is complicated since the energy system provides both aerobic and anaerobic energy at different ranges and intensities, and performance depends on different factors such as technique, tactics, physical and psychological team and individual conditions⁵.

TL can be divided into external TL (ETL) and internal TL (ITL). The most common and widely studied methods of ITL are based on derived heart rate (HR) such as Banister Training Impulse (TRIMP-B)⁶ and summated heart rate zone TRIMP, also known as Edwards TRIMP (TRIMP-E), as well as those derived from rates of subjective perception of the session rate of perceived exertion (s-RPE)^{3,7}. Nowadays, Global Positioning System (GPS) and accelerometers are more accurate commonly used to monitor and quantify ETL in football⁸, showing significant positive correlations with ITL variables such as TRIMP-B⁹, TRIMP-E¹⁰ and s-RPE¹¹.

s-RPE is probably the most widely accepted and studied subjective method for TL-Q in team sports such as football⁹. The original method proposed by Foster⁷ used a Borg CR10 adapted scale to obtain the intensity at the end of training from each football player. TL was finally calculated by multiplying this factor by the training volume (i.e., minutes). Despite this method displayed important and significant correlations with different ETL and ITL variables^{3,12}, it is used at the end of the training, once the efforts are performed.

Even though some methods have been described to quantify the global TL in football, to our knowledge, there is no method to determine the TL prior to a training session by the technical staff. Thus, the purpose of this study was to propose and validate a simple and practical method to programme the session TL in football.

Material and method

Participants

21 outfield professional football players from the same First Team of the Latvian National Football Association participated in this study (age 26.00 ± 3.35 years, body mass 76.54 ± 4.99 kg, height 181 ± 6.09 cm). The sample consisted on 4 centre defenders (n = 102), 5 fullbacks (n = 111), 4 wingers (n = 89), 5 midfielders (n = 102) and 3 strikers (n = 62). Players provided written informed consent to participate in the study, which was approved by an institutional ethics committee following the Helsinki Declaration guidelines.

Measures

Players were tracked using a multisensor device (details below) throughout different kind of football sessions' (including friendly matches) between May 2014 and March 2015 during the preparation and qualification stages of Euro France 2016. This tracking provided information from a total of 31 team sessions, with individual sessions ranging from 13 to 29 for each player, resulting finally on a total of 466 individual sessions observations. Football sessions were categorized as conditioning training (COND) (n = 6), tactical training (TAC) (n = 13), pre-match training (PR-M) (n = 4), training match (TR-M) (n = 4) or friendly match (FR-M) (n = 4).

Procedures

A football specific scale was developed to establish the intensity of the drills. First, the original Borg Scale 6-20 was transformed into an exponential curve according to some other authors who have proposed similar approaches using other scales, suggesting that the more intensive the exercise, the greater the difference must be between those intensities^{6,12-14}. Given that previous researches found associations between the first and second thresholds and the values 12 and 14 respectively on the Borg Scale 6-20^{15,16}, we factorized as 1 those values from 6 to 11, as 2 from 12 to 14 and as 3 for 15 and above. The initial values of the scale from 6 to 20 were plotted with the factors and the following prediction equation obtained for the model was finally used to adjust the individual factors:

$$y = 0.4497 * e^{\Lambda(0.1059x)}$$

Session training load calculation instructions

To calculate each session training load (s-TL), prior to each football session, a group of experts formed by three UEFA PRO coaches and one Sports Science fitness coach with large experience at an international level coach followed several steps. First, the intensity of each session drill was calculated, following the next steps (Figure 1): 1) Select a drill category, 2) Set the drill category specifications depending on the drill specific rules, 3) Exchange obtained intensity value by final factorized value. Second, the drill training load (d-TL) was calculated by multiplying the drill intensity by the total drill volume in minutes. Last, the session training load (s-TL) was calculated by summing each d-TL. The following is a more detailed description of the process:

Step 1: A drill was assigned to one of the possible 13 categories as described below:

Recovery: recovery drill with the main aim of recovering after a high intensity training session or day; *Compensatory:* exercises focusing on improving imbalances with low relative weights, core exercises, range of motion exercises and/or balance exercises on the pitch; *Warm up (WU):* drills designed to prepare the body for the subsequent physical activity; *Set pieces (StP):* set piece situations, including crossing and shooting drills; *Resistance drills:* exercises using external weights or body weight to improve strength on the pitch; *Passing drills (PD):* passing situations where usually many different technical abilities are involved, as well as individual tactical situations; *Tactical work (TW):* drills to improve collective tactical situations usually involving the whole group such

as attack-defence situations, game play etc.; *Conditioning circuit* (CC): traditional conditioning circuit with different posts where the objective is to combine different conditional factors with technical and/or tactical abilities; *Small sided game* (SSG): classic small sided game in any format; *Training match* (TM); *Official match* (OM); *1vs1*: situations where 2 players compete each other; and *All out*: situations where the player is running at his/her maximum capacity. Those categories were established by the same group of experts as the most commonly categories during the daily trainings in football. Thus, the first step is to choose a drill category to be set during step 2.

Step 2: The drill was set depending on the category selected during Step 1 and the drill own specific rules. The factors used on each of the Step 2 sections were arbitrary decided by the group of experts, similarly to previous¹⁶. Two points are important at this step: 1) about the relative area per player (Setup D, Figure 1), it was considered that if situated on any limit zone, the higher zone was considered. 2) if the drill category is a training match, it was considered to rest again at the end – 1 if usually pauses or -2 if frequently pauses to the final intensity value

Step 3: the re-converted intensity value obtained after step 2 was exchanged by the corresponding factorized value showed on Figure 1³.

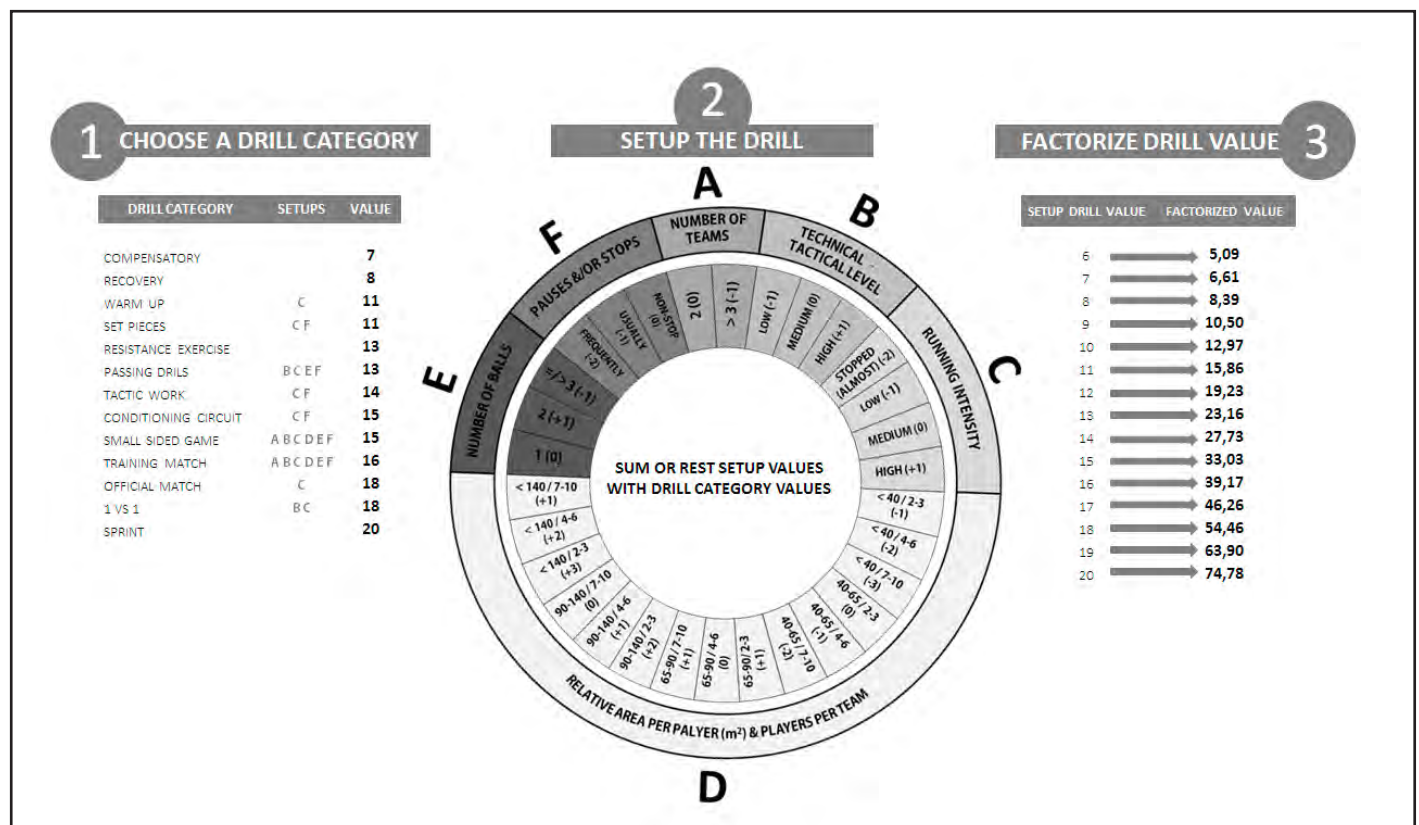
For drills where resting time is an important factor within the drills themselves, this intensity was also considered into the total load. Rest intensity was calculated following the proposal of Scherr *et al.* (2013)¹⁶, identifying every percentage of maximum heart rate with a given value on the Borg Scale 6-20.

Step 4: The fourth step was to establish the total drill volume. Again, if rest was considered, two different volumes were used. Finally, d-TL was calculated by multiplying the factorized intensity for each volume, also summing each individual effort and rest TL if considering rest.

Step 5: the last step was to calculate the s-TL by summing all the d-TL which would be used during the session. This method will be referred to hereinafter as the “training output monitoring scale” or “TOM-Scale”.

During each football session, each player wore a special t-shirt with a multisensor device (*WIMU, Realtrack Systems, Spain*) situated between their two scapulae. This device included a 5Hz GPS, a 1000 Hz triaxial accelerometer and ANT+ that was used to connect with a heart rate monitor band (*Garmin HRM, Garmin, USA*). Similar devices with same hardware characteristics have been used on previous studies^{8,10,18,19}. To test the validity and reliability of the 5HZ GPS device a pilot study was conducted. 2 subjects performed 8 laps (16 laps in total) over

Figure 1. Steps to calculate the drill intensity value. Step 1: choose a drill category for the programmed drill. Step 2: for each drill category, choose its own setup zones (from A to F). Step 3: Exchange the value obtained after step 2, and factorize with the values from the step 3. Finally, this value (drill intensity) must be multiplied by the total effort time (total drill volume, in minutes). In case of considering the resting, see methods to add the resting drill load.. Practical example: in case of 10 minutes of a passing drill exercise (Step 1= 13), with a medium technical-tactical level for this drill (Step 2, B = +0), high running intensity during the exercise (Step 2, C = +1), 1 ball used at the same time (Step 2, E = +0) and usually stops (Step 2, F = -1), the d-TL = effort intensity (13 + 0 + 1 + 0 - 1 = 13; step 3 = 23.16) * drill volume (10) = 231.40 a.u. Total s-TL is the result of the summated d-TL from the session.



a team sports circuit²⁰. Gold standards used were real distance and speed, measured with a dual-beam electronic timing gate *OptoJump System (Polifemo Radio Light, Microgate, Bolzano, Italy)* placed at the start position, 10m and 30m. The mean BIAS for total distance during the circuit, 10m sprint and 30m sprint were -2.73 ± 1.64 m ($p < 0.001$), -0.80 ± 0.58 m ($p < 0.001$) and 0.42 ± 2.50 m ($p = 0.515$) respectively. The intra-unit reliability was assessed using Bland-Altman plots and coefficient of variation (CV, in %) comparing the results from each lap for all the subjects. The average BIAS compared with each unit mean laps results for total distance, peak speed and average speed were 0.00 ± 1.68 , 0.00 ± 1.73 and 0.00 ± 0.33 for the circuit, 0.00 ± 0.49 , 0.00 ± 0.53 and 0.00 ± 0.77 for 10m sprints and 0.00 ± 2.34 , 0.00 ± 0.76 and 0.00 ± 0.74 for 30m sprints, non-significant differences in all cases. The CV for total distance, peak speed and average speed were 1.25%, 2.61% and 3.33% for the circuit, 6.34%, 4.31% and 7.45% for 10m sprints and 8.22%, 2.68% and 4.13% for the 30m sprints.

Data were analyzed after each training session using the manufacturer's analysis software (*Qüiko v. 2.0, Realtrack Systems, Spain*). If any kind of interference or signal loss were observed on each file, data were removed from the analysis. Different ETL and ITL variables were calculated for the analysis. ETL involved total running distance (TOT-DIST, in meters), % of high intensity actions (% HIA), total number of accelerations (ACC, in $m \cdot s^{-2}$) and decelerations (DCC, in $m \cdot s^{-2}$) calculated from the GPS, total SPRINTS number and total impacts number (IMPACTS).

HIA speed threshold was considered at speeds $> 14.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ^[8], whereas the SPRINTS speed threshold was $> 21 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ^[8]. For the ACC and DCC, the minimum value considered was $0.55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ^[21], whereas for the IMPACTS it was $5G$ ^[8]. ITL variables were %HRmax, TRIMP-B⁶ and TRIMP-E¹⁷.

Statistical methods

The Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, version 20.0 for Windows, SPSS Inc, Chicago, IL) was used to conduct the analysis. Data are shown as mean \pm SD. To estimate the minimum sample size for the correlation analysis, G*power software (v. 3.1.7) was used, setting a 0.70 effect size, 80% power and $\alpha = 0.05$. The minimum number of sessions per player determined was 13, in accordance with the minimum number of sessions selected for the analysis.

Correlation analysis was used between each player session ETL or ITL variables and each player s-TL using the Pearson correlation coefficient (r) to analyse each player individual responses against each kind of exercise. Prior to correlation analysis, data were log-transformed to reduce the bias from non-uniform distributions. According to Hopkins, correlation magnitudes were classed as trivial (< 0.10), small (0.10 to 0.29), moderate (0.30 to 0.49), large (0.50 to 0.69), very large (0.70 to 0.89) and extremely large (> 0.90)^[22]. The confidence limits (CL) were also calculated at 95%.

Results

Figure 2 shows the correlations between s-TL and ITL and ETL variables. Moderate to very large positive significant correlations were observed between ETL and s-TL. The higher correlation was found bet-

ween s-TL and TOT-DIST (0.87, $p = .00$, 95% CI = 0.84 - 0.90), while the smallest was found between s-TL and HIA ($r = 0.44$, $p < 0.001$, 95% CI = 0.38 - 0.50). Moderate to very large positive significant correlations were also observed between ITL and s-TL. The higher correlation was found between s-TL and TRIMP-B ($r = 0.81$, $p < 0.001$, 95% CI = 0.76 - 0.85), with very similar correlations found between s-TL and TRIMP-E ($r = 0.79$, $p < 0.001$, 95% CI = 0.72 - 0.84). The lowest correlation was found between s-TL and %HRmax (0.46, $p < 0.001$, 95% CI = 0.32 - 0.60).

Line-dot-line shows the prediction intervals. Short-lines shows the confidence intervals (CI = 95%) for the regression line. Black line shows the fitted linear regression line. R represents the Pearson moment product correlation and r^2 the percentage of variance that each variable represents the s-TL variance.

Figure 3 shows a representative load distribution through all football sessions analysed. The higher s-TL were found during Friendly Matches sessions. Accordingly to the correlations values, most of ITL and ETL showed a similar distribution of the load compared to the s-TL. Higher s-TL, ITL and ETL were related to friendly matches, while the lowest loads were found with pre-match training sessions. Distance and %HRmax showed to be the ETL and ITL variables with less variability among the football players (Figure 3, lower SD).

Bars represent each ITL or ETL variables (mean). Black points represent the s-TL for each football session. Error bars represents the standard deviation for each football session (SD) for either the ITL or ETL (bars) and the s-TL (black points). COND = conditioning training. TAC = tactical training. PR-M = pre-match training. FR-M = friendly match. TR-M = training match.

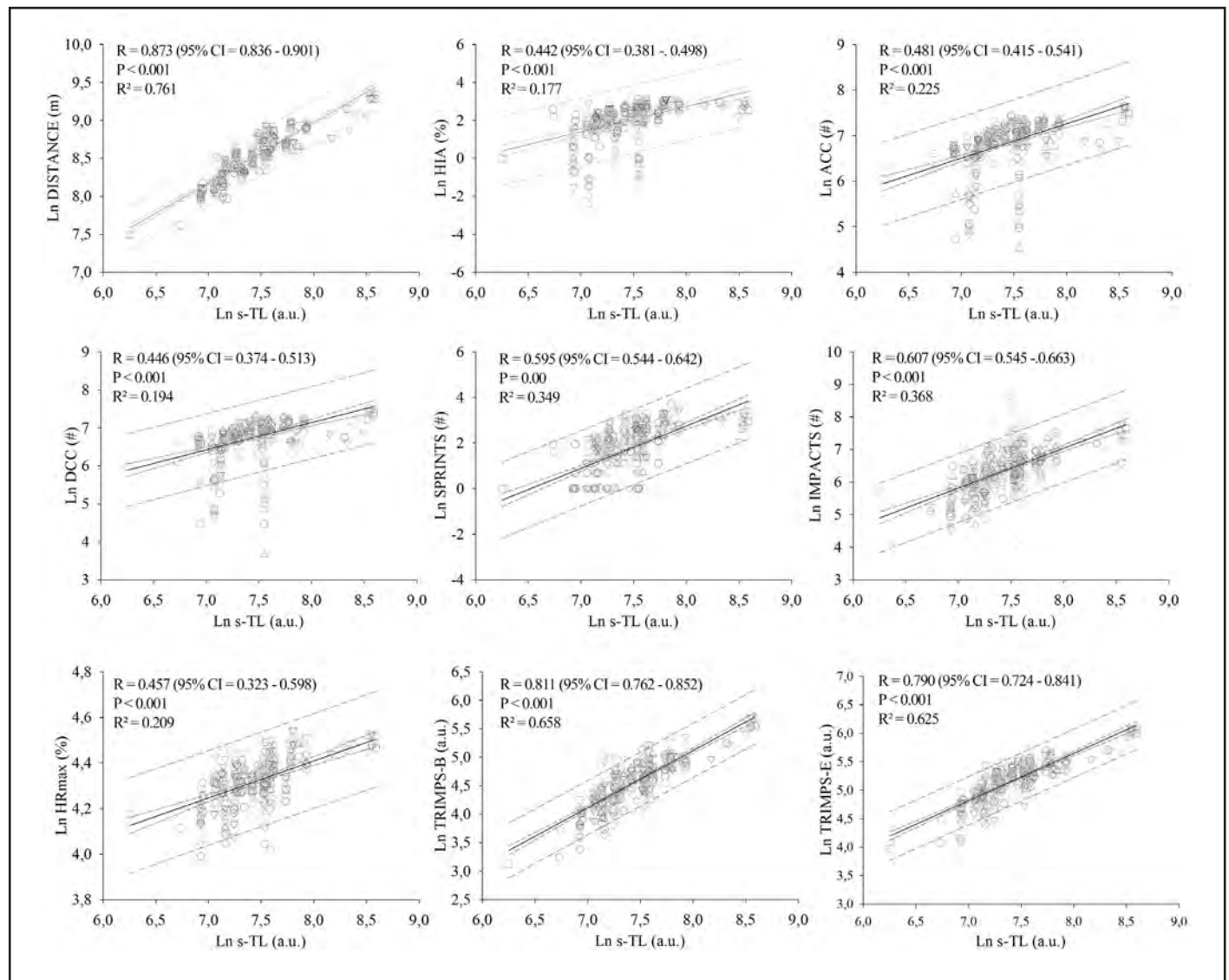
Discussion

The purpose of this study was to propose and validate a simple and practical method to programme the session TL in football. The results showed that TOM-Scale is a valid method to programme the s-TL prior to football training and match sessions.

To our knowledge, this is the first study that observes the relationships between a subjective coach's TL programmed prior to training with ITL and ETL variables among elite football players. The results suggest that the TOM-Scale is a useful method to programme s-TL prior to training. A similar method has been proposed in rowing^[23] to predict s-TL in rowing using different factorized values depending on the drill category, together with exponential increment of intensity. In our study, each exercise setup factor was determined arbitrarily (Figure 1, Step 2) by a group of experts (see methods). This approach is supported by some recently research^[24].

Several studies have shown positive significant correlations between subjective s-TL (calculated as the TL perceived by the players at the end of training) and similar ITL and ETL variables^[9,23]. Previous studies showed that coach's perception of TL after training is not the same as the players^[25]. However, our results suggest that using the TOM-Scale, the coach can programme with good relation to some ETL and ITL the s-TL. ITL such as TRIMP-B or TRIMP-E have shown significant correlations with the s-RPE method in football^[9,10]. ETL also yielded significant correlations with subjective s-TL perceived by players in football (HIA, r

Figure 2. Scatter plots for ITL/ETL against s-TL. Data are represented as the natural logarithm (ln) for each variable.



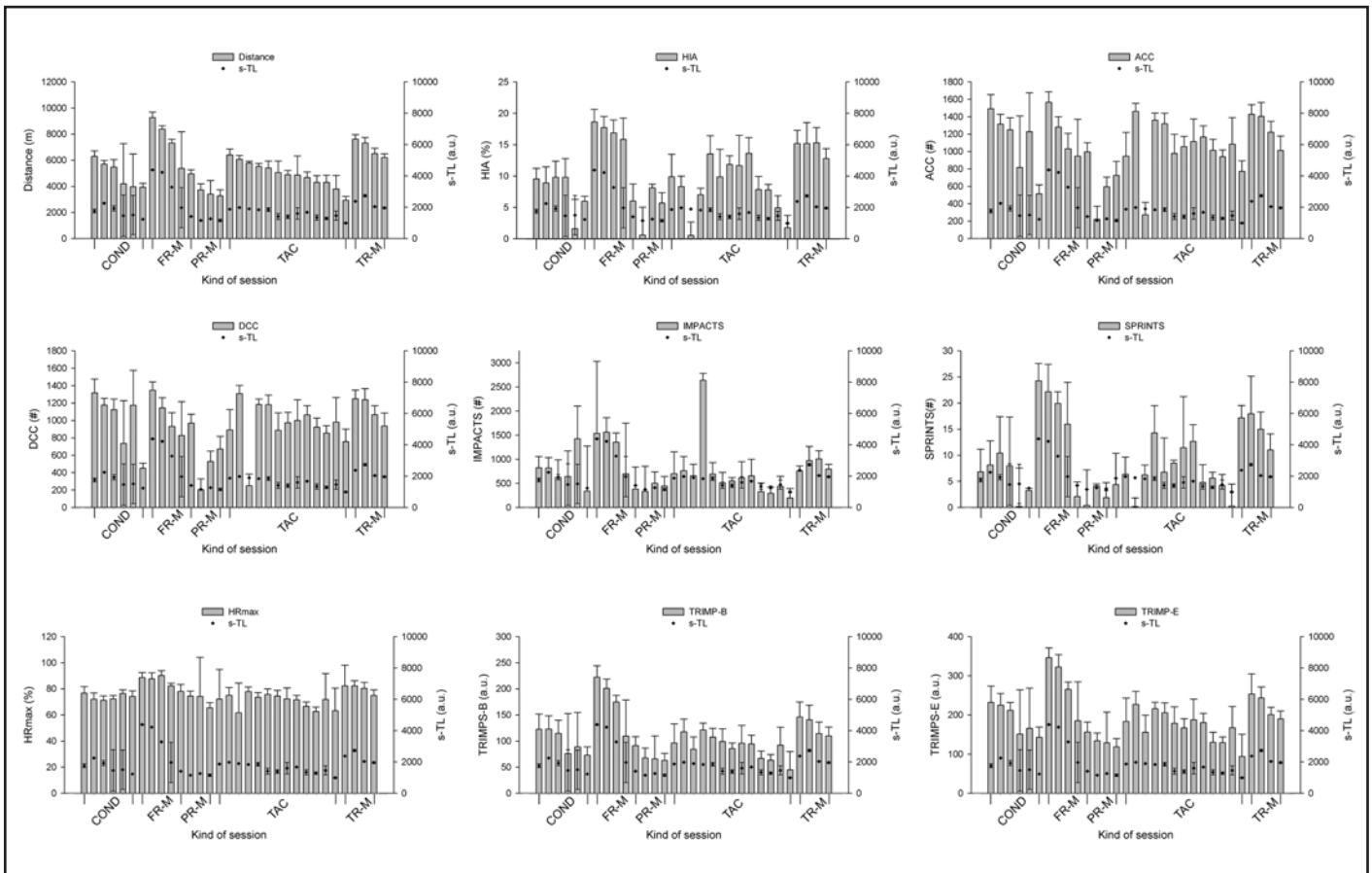
R: pearson moment product; 95% CI: confidence intervals at 95%; HIA: % high intensity actions; ACC: accelerations; DCC: decelerations; HRMAX: % heart rate maximum; TRIMP-B: TRIMP Banister; TRIMP-E: TRIMP Edward.

= 0.54 and SPRINTS distance, $r = 0.44$), similar to the results presented here²⁶. In other similar sports such as Australian football, ETL such as TOT-DIST and HIA showed similar correlations with s-RPE compared to the results of this study ($r \approx 0.80$ and $r \approx 0.70$, $p < 0.05$)⁹. As in the study carried out by Scott *et al.*⁹, the correlations found here with TOT-DIST were higher than HIA, SPRINTS, ACC or DCC, and this could be due to a greater dispersion of these variables between different positions on the field¹⁹. Another probable reason for these lower correlations could be related with the low validity of GPS at higher speeds (over $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)²⁷ or sudden changes of speed²⁷. For this reason, HIA, SPRINTS, ACC and DCC correlations must be interpreted with caution.

To date, no information has been located regarding the relationship between impacts obtained by accelerometers and any subjective s-TL.

However, some research has examined the relationship with player body load (calculated directly from the accelerometer, as impacts) and s-RPE, with similar results to the correlation with IMPACTS in this study ($r \approx 0.75$)^{8,9}. Therefore, this is the first paper to study the relationship between the impacts obtained directly from the accelerometer and a subjective s-TL. In our opinion, IMPACTS is an interesting variable to be controlled since it is directly derived from accelerometers, incorporating information regarding the neuromuscular load. The high correlation found in our study with the TOM-Scale TL suggests that the higher s-TL, higher neuromuscular load will the player present.

In relation to the ITL, the results suggest TRIMP-B or TRIMP-E may be used indistinctly, given that the correlation with TOM-Scale TL was similar. %HRmax, however, resulted on a lower correlation. This could

Figure 3. Representative load distribution of ITL/ETL with s-TL. Data are represented as mean \pm SD.

COND: conditioning sessions; FR-M: friendly matches sessions; PR-M: pre-match sessions; TAC: tactical sessions; TR-M: training match; s-TL: session training load; HIA: % high intensity actions; ACC: accelerations; DCC: decelerations; HRMAX: % heart rate maximum; TRIMP-B: TRIMP Banister; TRIMP-E: TRIMP Edward.

be explained by the use of volume to calculate either TRIMP-B or TRIMP-E, whereas %HRmax is just an intensity marker. Some studies have suggested that the use of %HRmax is not valid to quantify TL²⁹ and has the limitation that it cannot distinguish between high and low intensity exercises when they are performed for just few seconds with enough recovery time between them^{30,31}.

A limitation of this study is that the GPS device used for the ETL measures was not validated yet in the scientific literature. A recent review³² has addressed the validity and reliability of similar GPS devices with 5Hz frequency sample, the same of the GPS device used in this study with very comparable results to those found in our GPS validity and reliability test. The evidence largely suggests that 5Hz GPS devices can accurately quantify players' distances during team sports³². However, 5Hz GPS devices tends to differ from reality at moderate to high speeds (i.e. $>14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Despite of this, the reliability of these devices when changing of direction, curvilinear movements and even high-speed running or sprints from 10 to 40m³². has been shown to be moderate and replicable. In addition, 5Hz GPS devices have been shown to be acceptable valid and reliable measuring high-speeds (i.e. $>8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)³².

Finally, to accommodate the potential problems of 5Hz GPS devices when assessing high-speeds, authors propose to group distances based on velocity bands³², as it has been done in this study. Another limitation is the reproducibility and reliability of the TOM-Scale TL by different coaches and levels. Future research must focus on this aspect, even to analyse more deeply the validity relationships separately across different kind of soccer sessions.

In conclusion, TOM-Scale may be a useful tool to programme and design football field sessions. The TL calculated with TOM-Scale can be managed over a season to avoid non-functional overreaching phases, avoid injuries and/or keep a high level of fitness during all the season. It can help coaches and staffs in general to understand better what kind of stimulus they are going to achieve with the team. Anticipating the session TL may be also interesting to decide which kind of drill suits better to the expected TL. One limitation of this study is that, although the sample comprised elite football players, the data were obtained and the TOM-scale was applied within the context of a 24-h controlled situation (training camps); hence further study is needed to verify whether this method is valid in other kinds of environments.

Acknowledgements

Authors would like to acknowledge the Latvian Football Federation for its support to football sports sciences and especially to the players and technical staff from the National Football Team.

Bibliography

- Borresen J, Lambert MI. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med*. 2009;39:779-95.
- Aubry A, Hausswirth C, Louis J, Coutts AJ, Le Meur Y. Functional overreaching: the key to peak performance during the taper. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46:1769-77.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:1042-7.
- Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*. 2014;44 Suppl 2: S139-47.
- Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med*. 2005;35:501-36.
- Banister E. Modeling elite athletic performance. En: Macdougall JD, Wenger HA, Green HJ. Physiological testing of elite athletes. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 1991. p403-24.
- Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*. 2001;15:109-15.
- Suarez-Arrones L, Torreno N, Requena B, Saez de Villarreal E, Casamichana D, Barbero-Alvarez JC, et al. Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J Sports Med Phys Fitness*. 2014;55(12):1417-22.
- Scott BR, Lockie RG, Knight TJ, Clark AC, Janse de Jonge XA. A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013;8:195-202.
- Casamichana D, Castellano J, Calleja-Gonzalez J, San Roman J, Castagna C. Relationship between indicators of training load in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2013;27:369-74.
- Scott TJ, Black CR, Quinn J, Coutts AJ. Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: a comparison of the CR10 and CR100 scales. *J Strength Cond Res*. 2013;27:270-6.
- Garcia-Ramos A, Feriche B, Calderon C, Iglesias X, Barrero A, Chaverri D, et al. Training load quantification in elite swimmers using a modified version of the training impulse method. *Eur J Sport Sci*. 2015;15: 85-93.
- Manzi V, Iellamo F, Impellizzeri F, D'Ottavio S, Castagna C. Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:2090-6.
- Stagno KM, Thatcher R, Van Someren KA. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*. 2007;25:629-34.
- Green JM, McLester JR, Crews TR, Wickwire PJ, Pritchett RC, Lomax RG. RPE association with lactate and heart rate during high-intensity interval cycling. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:167-72.
- Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113:147-55.
- Edwards S. The Heart Rate Monitor Book. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26:647.
- Arruda AF, Carling C, Zanetti V, Aoki MS, Coutts AJ, Moreira A. Effects of a very congested match schedule on body-load impacts, accelerations, and running measures in youth soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10:248-52.
- Jones MR, West DJ, Crewther BT, Cook CJ, Kilduff LP. Quantifying positional and temporal movement patterns in professional rugby union using global positioning system. *Eur J Sport Sci*. 2015;15:488-96.
- Coutts AJ, Duffield R. Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*. 2010;13:133-5.
- Aughey RJ. Increased high-intensity activity in elite Australian football finals matches. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011;6:367-79.
- 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.
- Tran J, Rice AJ, Main LC, Gastin PB. Development and implementation of a novel measure for quantifying training loads in rowing: the T2minute method. *J Strength Cond Res*. 2014;28:1172-80.
- Murphy AP, Duffield R, Kellett A, Reid M. Comparison of athlete-coach perceptions of internal and external load markers for elite junior tennis training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:751-6.
- Brink MS, Frencken WG, Jordet G, Lemmink KA. Coaches' and players' perceptions of training dose: not a perfect match. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:497-502.
- Rebelo A, Brito J, Seabra A, Oliveira J, Drust B, Krstrup P. A new tool to measure training load in soccer training and match play. *Int J Sports Med*. 2012;33:297-304.
- Rampinini E, Alberti G, Fiorenza M, Riggio M, Sassi R, Borges TO, Coutts AJ. Accuracy of GPS devices for measuring high-intensity running in field-based team sports. *Int J Sports Med*. 2015;36:49-53.
- Rawstorn JC, Maddison R, Ali A, Foskett A, Gant N. Rapid directional change degrades GPS distance measurement validity during intermittent intensity running. *PLoS One*. 2014;9:e93693.
- Dellal A, Chamari K, Owen AL, Wong DP, Lago-Penas C, Hill-Haas S. Influence of technical instructions on the physiological and physical demands of small-sided soccer games. *Eur J Sport Sci*. 2011;11:341-6.
- Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*. 2003;33:517-38.
- Jeong TS, Reilly T, Morton J, Bae SW, Drust B. Quantification of the physiological loading of one week of "pre-season" and one week of "in-season" training in professional soccer players. *J Sports Sci*. 2011;29:116.
- Scott MT, Scott TJ, Kelly VG. The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *J Strength Cond Res*. 2016;30:1470-14.

POSTGRADOS OFICIALES: **SALUD Y DEPORTE**



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA

Espíritu
UCAM
Espíritu Universitario

Miguel Ángel López

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



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

⁽¹⁾ Presencial ⁽²⁾ Semipresencial

MÁS INFORMACIÓN:



968 27 88 01



ucam.edu

Rotura del ligamento cruzado anterior en la mujer deportista: factores de riesgo y programas de prevención

África D. Lluna Llorens, Bárbara Sánchez Sabater, Isabel Medrano Morte, Elena M. García García, Sara Sánchez López, Juan F. Abellán Guillén

Hospital General Universitario Morales Meseguer, Murcia.

Recibido: 23.01.2017

Aceptado: 23.05.2017

Resumen

Objetivo: La lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA) es la segunda lesión deportiva más frecuente tras el esguince de tobillo. Provoca inestabilidad de la rodilla y afecta al rendimiento deportivo, por lo que es importante saber qué lo favorece y cómo lo podemos evitar. En este trabajo se expone la epidemiología de la lesión del LCA haciendo referencia a los factores de riesgo predisponentes y a los programas preventivos de la misma. El objetivo de este trabajo ha sido mostrar los factores de riesgo que predisponen a una mayor incidencia de lesión del ligamento cruzado anterior, así como presentar la efectividad de los programas de prevención de la misma.

Método: Se ha realizado una revisión de la literatura a través de PubMed, Cochrane y UpToDate incluyendo los metanálisis o ensayos clínicos publicados en los últimos 10 años.

Resultados: La incidencia de lesión es mayor en la mujer que en el hombre con una relación 3:1, y sobre todo se produce en deportes como el fútbol y el baloncesto, donde se realizan ejercicios como pivotar, cambio brusco de dirección en la carrera o frenar de forma brusca. Los factores de riesgo son multifactoriales, entre ellos los únicos modificables son los factores de riesgo biomecánicos y es en ellos donde se centran los programas de prevención.

Conclusiones: Las mujeres tienen una mayor incidencia de lesión de LCA. Los programas de prevención se centran en factores de riesgo modificable, principalmente en el entrenamiento neuromuscular y disminuyen de forma estadísticamente significativa tanto en el fútbol como en el balonmano, pero no en el baloncesto. Estos programas se centran en ejercicios de fortalecimiento, control proximal y ejercicios pliométricos.

Palabras clave:

Ligamento cruzado anterior. Prevención. Deportistas. Factores de riesgo

Anterior cruciate ligament injury in the female athlete: risk and prevention

Summary

Background: The anterior cruciate ligament (ACL) injury of the knee is the second most common sports injury after the ankle sprain. It causes knee instability and impacts sport performance. Knowing what predisposes this injury is important to prevent it, specially in women, where the rate is higher. This paper presents the ACL injury epidemiology, making reference to the underlying risk factors and its preventive programmes. The aim of this study was to show the risk factors that predispose to a higher incidence of anterior cruciate ligament injury, as well as to present the effectiveness of the prevention programs.

Methods: A literature review through PubMed, Cochrane and UpToDate has been performed including the meta-analysis or clinical trials published over the past 10 years.

Results: The injury incidence rate is three times higher in women than in men. It specially develops in sports like football and basketball, i.e., sports where pivoting, sharp running direction changes or abruptly stopping exercises are more common. The risk factors are multifactorial; and the only adjustable ones are the biomechanical risk factors. Prevention programmes are focused in these factors, trying to enhance strength and biomechanical proprioception.

Conclusions: After the review we can conclude that ACL injuries are more frequent in women. Prevention programmes focus on neuromuscular training (strengthening exercises, proximal control and plyometric exercises) and they reduces significantly the injury for football and handball players, but not for basketball ones. The programmes focus on strengthening exercises, proximal control and plyometric exercises.

Key words:
Anterior cruciate ligament. Prevention. Athlete. Risk factors.

Correspondencia: África Dakota Lluna Llorens
E-mail: africadakotalluna@gmail.com

Introducción

La tasa de lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA) varía en función del género, del deporte y según los programas de prevención¹. Ésta es mayor en las mujeres respecto a los hombres, y se observa una mayor incidencia en deportes como el fútbol y el baloncesto¹. La lesión del LCA es la segunda lesión deportiva más frecuente tras el esguince de tobillo², por lo que es importante determinar los factores de riesgo, prestando atención a aquellos que son modificables, ya que en ellos es donde se centran los programas de prevención.

Epidemiología de la lesión del LCA

Incidencia

La incidencia de lesión del ligamento cruzado anterior varía en los diferentes trabajos publicados y esto puede deberse a la diferente actividad física realizada por los participantes del estudio. Es imprescindible remarcar que los datos publicados son heterogéneos y que la incidencia de lesión depende en mayor medida del rendimiento deportivo^{1,2} y por tanto del control neuromuscular, lo que habrá que tener en cuenta al analizar los resultados.

La relación de la incidencia mujer:hombre en la lesión del LCA ha suscitado gran interés recientemente. En el estudio de Prodromos *et al.*¹ la incidencia de rotura del LCA (mujer: hombre) según el deporte fue: baloncesto, 3.5:1; fútbol, 2.67:1; hockey, 1.18:1. Según el nivel de las deportistas: en la escuela secundaria fue de 0.09, mientras que en el hombre fue de 0.02, y la relación mujer:hombre era de 4.5:1. En la universidad, la tasa fue de 0.29 para la mujer y de 0.08 para el hombre, con una relación mujer:hombre de 3.63:1 y a nivel profesional, fue de 0.20 para la mujer y de 0.21 para el hombre y la relación mujer: hombre fue de 0.95:1. Según estos datos, conforme la deportista femenina se hace más profesional, su incidencia de lesión disminuye hasta llegar a igualarse a la del hombre.

Factores de riesgo

Para entender porque la lesión es más frecuente en la mujer y cómo podemos prevenirla, es importante identificar los factores de riesgo. La causa de aumento de lesión del LCA es multifactorial y los factores de riesgo se han catalogado en: ambientales, anatómicos, hormonales y biomecánicos³.

Factores ambientales

La temperatura de las superficies, la fricción entre los materiales, y el diseño de las suelas puede ser un factor de riesgo de lesión del LCA³. Estos factores afectan por igual a hombre y mujer, por lo que no predisponen a una mayor incidencia en la mujer.

Factores hormonales

La evidencia de los efectos de las hormonas sexuales en el tejido conectivo es limitada y los resultados de algunos estudios son inconsistentes. Sin embargo, la síntesis de colágeno puede verse disminuida

hasta un 40% por los estrógenos a niveles fisiológicos, y hasta un 50% inducida por niveles farmacológicos de estrógenos³.

Factores anatómicos

Las diferencias anatómicas entre el hombre y la mujer pueden ser un factor que contribuya a un incremento en el riesgo de lesión del LCA. Sin embargo, estos factores no son modificables y sobre ellos no se pueden aplicar medidas preventivas.

- El ancho de la escotadura intercondílea en mujeres es de menor tamaño que en los hombres, sin embargo esto no ha demostrado diferencias en el riesgo de lesión del LCA³.
- El área transversal del LCA es mayor en los hombres³, lo que sugiere que un menor diámetro del LCA en mujeres puede ser un factor de riesgo de rotura.
- El ángulo Q, cuyo valor normal es de 8 a 17°, es mayor en la mujer. Este aumento se debe a que generalmente la pelvis de la mujer es más ancha y el fémur más corto³ o que un ángulo Q elevado aumenta el estrés medial sobre los ligamentos de la rodilla³.
- El ángulo entre el tendón rotuliano y la tibia afecta a la fuerza de cizallamiento aplicada.

Factores biomecánicos

El músculo cuádriceps presenta mayor activación muscular durante los esfuerzos en flexión de la rodilla, mientras que los isquiotibiales tienden a relajarse, además en las deportistas al inducir fatiga muscular y realizar maniobras deportivas como aterrizaje con una sola pierna o cambio de dirección en la carrera, se produce una disminución de la flexión de la cadera, incremento de la rotación interna de la misma, incremento del valgo en rodilla y rotación externa de la tibia, lo que lleva a una menor estabilidad de la articulación de la rodilla³. En el hombre todo esto es menos frecuente porque tienen un mayor control muscular. La ausencia de este control en la mujer, especialmente en la adolescente, provoca una mayor predisposición de deslizamiento del fémur sobre la tibia y mayor estrés del LCA.

Los factores de riesgo biomecánicos son los únicos considerados modificables y es por ello donde se centran los programas de prevención. Con un mayor control neuromuscular hay un menor riesgo de lesión del LCA, esto explica que a medida que incrementa el nivel deportivo, donde las exigencias de entrenamiento son mayores, las incidencias mujer:hombre son cercanas a 1:1.

Programas de prevención

Los componentes biomecánicos y neuromusculares son los únicos modificables. Recientes estudios ponen de manifiesto que determinados factores de riesgo como un incremento del valgo en la rodilla, la limitación de la flexión de la cadera o la rotación interna de la misma predispone a un mayor riesgo de rotura del LCA^{4,5}. Es posible controlar la magnitud de estos movimientos aumentando el soporte muscular y alternándolo con la técnica deportiva, todo ello a través de los programas preventivos de entrenamiento neuromuscular (PNMT). Un meta-análisis reciente evaluó la efectividad de los PNMT en su conjunto y demostraron que estos programas reducen la lesión del LCA en mujeres jóvenes⁴.

El entrenamiento promueve el desarrollo muscular, mejora los patrones de movimiento y protege de la lesión del LCA; sin embargo no está claro que tipo de ejercicios son los más eficaces para prevenir esta lesión. Al valorar los distintos estudios, dónde los grupos incluidos no son homogéneos⁶⁻⁸, es esencial determinar qué tipo de ejercicios incluidos en los PNMT reducen de forma significativa la lesión del LCA.

En un meta-análisis publicado por Sugimoto *et al.*⁴ se quería establecer que ejercicios tenían un mayor efecto profiláctico en la reducción de lesión del LCA. Se examinaron cuatro categorías de ejercicios: equilibrio, ejercicios pliométricos, entrenamiento de la fuerza y del control proximal. Los resultados mostraron un menor número de lesiones del LCA estadísticamente significativo ($p = 0,001$) con los PNMT que se centraron en ejercicios de fortalecimiento, de control proximal y pliométricos.

Los factores de riesgo neuromusculares son modificables a través del entrenamiento lo que lleva a un mayor rendimiento deportivo, además dado que la mayoría de lesiones del LCA ocurren en situaciones de no-contacto, se hace necesario tener en cuenta las diferentes exigencias

biomecánicas de los distintos deportes, así como actuar sobre el gesto deportivo en función de la disciplina.

Se han descrito distintos programas de entrenamiento para disminuir la incidencia de lesión del LCA⁹⁻¹⁰. Los más importantes quedan reflejados en la revisión sistemática publicada por Michaelidis *et al.*⁹ donde se proponen 12 PNMT que a pesar de sus diferencias centran su plan de entrenamiento en el desarrollo neuromuscular e incluyen los tipos de ejercicios que han demostrado reducciones estadísticamente significativas en la lesión del LCA.

Programas entrenamiento

Se han propuesto distintos programas de prevención destinados a reducir la incidencia de lesión del LCA en la mujer deportista. Las características y los ejercicios de cada uno de estos programas están resumidos en la Tabla 1. Para determinar si son o no efectivos, han sido evaluados mediante estudios con grupo control. A continuación se presentan los principales estudios que evalúan dichos programas.

Tabla 1. Programas de prevención de lesión del LCA en la mujer deportista.

Programa	Deporte	Características
SPORTSMETRICS	Fútbol Voleibol Baloncesto	- Sesión: 60-90 min - Frecuencia: 3 días/semana - Tiempo total: 6 semanas (sólo pretemporada)
FATP	Fútbol	- Sesión: 75 min - Frecuencia: 3 días/semana - Tiempo total: 7 meses
PEP	Fútbol	- Sesión: 20 min - Frecuencia: 2-3 días/semana - Tiempo total: 12 semanas
KLIP	Fútbol	- Sesión: 20 min - Frecuencia: 2 días/semana - Tiempo total: 4-5 meses
FIFA 11	Fútbol	- Sesión: 15 min - Frecuencia: 1 día/semana - Tiempo total: 7,5 meses
SÖDERMAN	Fútbol	- Sesión: 10-15 min - Frecuencia: 3 días/semana - Tiempo: 6 meses
MYKLEBUST	Balonmano	- Sesión: 15 min - Frecuencia: 1 día/semana - Tiempo total: 5 meses
OLSEN	Balonmano	- Sesión: 15-20 min - Frecuencia: 1 día/semana - Tiempo total: 5 meses
PETERSEN	Balonmano	- Sesión: 10 min - Frecuencia: 1 día/semana - Tiempo total: 8 semanas
PASANEN	Hockey	- Sesión: 20-30 min - Frecuencia: 2-3 días/semana (intenso) alternando con 1 día/semana (mantenimiento) - Tiempo total: 6 meses
WALDEN	Fútbol	- Sesión: 15 min - Frecuencia: 2 días/semana - Tiempo total: 7 meses
HTP	Fútbol	- Sesión: 20-25 min - Frecuencia: 2 días/semanas (pretemporada) / 1 día/semana (temporada) - Tiempo total: 9 meses

Sportsmetrics

Estudio prospectivo para evaluar el efecto de los PNMT sobre la incidencia de lesión de rodilla en deportistas de sexo femenino. Compararon aquellas en las que se aplica el programa con aquellas sin un programa de entrenamiento específico, además con un grupo de deportistas varones no entrenados en distintos deportes (fútbol, voleibol y baloncesto). La incidencia de lesión de las deportistas entrenadas no fue significativamente menor que en los deportistas masculinos no entrenados; sin embargo, sí que se observó una diferencia significativa en la reducción de la lesión del LCA entre las mujeres en las que se aplicó un PNMT respecto a las que no seguían un programa de entrenamiento. Este estudio prospectivo demostró una menor incidencia de lesión de rodilla en mujeres después de un programa de entrenamiento pliométrico específico¹¹.

Programa de entrenamiento de Frappier (FATP)

En el estudio de Heidt *et al.*¹² se pretendía establecer que efecto se conseguía con un programa de entrenamiento en la pretemporada en jugadoras de fútbol respecto a aquellas que no lo seguían. En dicho estudio se llegó a la conclusión de que en esta población eran más frecuentes las lesiones en el miembro inferior, de que el grupo entrenado presentaba menor incidencia de lesión de forma estadísticamente significativa y, aunque no se pudo establecer de forma estadísticamente significativa, también se observó que el grupo entrenado tenía menor incidencia de lesión del LCA. Por todo ello, concluyeron que el condicionamiento físico lleva a una reducción en la incidencia de lesiones en las jugadoras de fútbol.

Programa preventivo y mejora del rendimiento (PEP)

Se realizó un ensayo clínico donde se aleatorizó a jugadoras de fútbol en un grupo de estudio y en un grupo control. Se pretendía establecer que los PNMT disminuían la incidencia de lesión del LCA sin mecanismo de contacto. Se concluyó que con el programa PEP se reducía la incidencia de lesión del LCA, incluyendo en aquellas deportistas que tenían historia previa de lesión del LCA¹³.

Prevención de lesión ligamentosa en la rodilla (KLIP)

Estudio prospectivo realizado durante dos años para evaluar los efectos de los programas preventivos en futbolistas, jugadoras de baloncesto y voleibol de la escuela secundaria. Los resultados sugirieron que un programa centrado en ejercicios pliométricos donde se valora la mecánica de aterrizaje del salto y la desaceleración brusca, no reduce la incidencia de lesión en las deportistas si se realiza 2 veces por semana durante 20 minutos¹⁴.

Programa preventivo FIFA 11

El propósito de este ensayo clínico controlado aleatorizado fue investigar el efecto de la combinación de ejercicios pliométricos, de fuerza, equilibrio y de control proximal, sobre el riesgo de lesiones en el fútbol juvenil femenino. No se observó ninguna diferencia en la tasa general de lesiones entre el grupo de intervención y el grupo control, ni en la incidencia de cualquier tipo de lesión. La resolución del estudio, donde no se observa ningún efecto con la aplicación de los ejercicios, puede ser debido a un bajo cumplimiento del programa preventivo por parte del grupo de estudio¹⁵.

Söderman

Estudio prospectivo basado en ejercicios de equilibrio. Se pretendía establecer si la realización de este tipo de ejercicios dentro de un PNMT podía reducir las lesiones en miembros inferiores en las futbolistas en comparación con aquellas que no seguían el programa. Se estableció que no existían diferencias en los grupos de estudio, ni en cuanto a la incidencia ni en el tipo de lesión¹⁶.

Myklebust

Estudio prospectivo que valora la aplicación de un programa de entrenamiento donde los ejercicios de equilibrio que se centran en el control neuromuscular y las habilidades de aterrizaje. Al finalizar el estudio, se observó una reducción en la incidencia de lesión en las deportistas de élite que habían completado el programa en comparación con aquellas que no lo hicieron. Se concluyó que es posible la prevención de lesión del LCA con un PNMT adecuado¹⁷.

Olsen

Ensayo clínico controlado aleatorizado, donde se evaluó la eficacia de un programa de calentamiento para reducir la incidencia de lesiones de rodilla y tobillo en jugadoras de balonmano. El programa de calentamiento pretendía mejorar la técnica de aterrizaje, el control neuromuscular, la fuerza y el equilibrio. Se observó que prevenía las lesiones y por tanto se estableció que debía introducirse como parte de los PNMT¹⁸.

Petersen

Estudio retrospectivo donde se evaluaron los efectos del PNMT en la incidencia de lesión de tobillo y rodilla, aplicado en jugadoras de balonmano. Se concluyó que el entrenamiento neuromuscular está indicado y es efectivo en la prevención de lesiones de rodilla y tobillo en jugadoras de balonmano¹⁹.

Pasanen

PNMT que pretendía mejorar las habilidades motoras, el control del cuerpo, así como preparar y activar su sistema neuromuscular. El objetivo era prevenir las lesiones sin contacto en la rodilla, aplicando el estudio a jugadoras de hockey. Tras la realización del estudio se llegó a la conclusión que el programa preventivo es efectivo y puede ser recomendado en el entrenamiento semanal de éstas deportistas²⁰.

Walden

Ensayo clínico aleatorizado donde se valoró un programa preventivo centrado en ejercicios de control proximal, equilibrio y la alineación adecuada de la rodilla en futbolistas. Se concluyó que el programa de calentamiento reducía de forma estadísticamente significativa la tasa de lesiones del LCA²¹.

Programa de entrenamiento "Harmoknee" (HTP)

Se realizó un ensayo clínico sobre un programa multifacético preventivo en futbolistas. Se llegó a la conclusión que la incidencia de lesiones de rodilla en jóvenes futbolistas se reducía mediante el ejercicio físico, si éste se aplicaba junto a una adecuada educación deportiva²².

Además en un estudio publicado recientemente por Zebis *et al.*²³ se evaluó la reducción de la lesión del LCA, al realizar cambios bruscos

de dirección, mediante la aplicación de programas de prevención. Se realizó un ensayo clínico con una muestra de 40 mujeres jugadoras de baloncesto o balonmano, entre 15-16 años, donde se asignó de forma aleatoria a 20 en un grupo control y a 20 en un grupo de entrenamiento neuromuscular. El programa preventivo consistía en ejercicios de calentamiento donde se analizaba la actividad (contracción isométrica) del músculo vasto lateral (VL), del semitendinoso (ST) y el bíceps femoral mediante electromiografía (EMG) durante 12 semanas. Se observó diferencias entre los grupos de seguimiento en la actividad del VL-ST (43% de diferencia entre los grupos; IC 95% 32% a 55%)²³.

Conclusiones

Las deportistas tienen más o menos 3 veces mayor incidencia de lesión del LCA en el baloncesto y en el fútbol que los hombres, sin embargo aquellas que practican deporte a un nivel alto de rendimiento se lesionan con menor frecuencia al poseer un mejor control neuromuscular en miembros inferiores.

Los programas de prevención se centran en el entrenamiento neuromuscular y se han observado reducciones de la incidencia estadísticamente significativas tanto en el fútbol como en el balonmano, sin embargo las reducciones en las tasas de la incidencia en el baloncesto no son estadísticamente significativas. Los análisis de subgrupos actuales indican que los programas de fortalecimiento, ejercicios de control proximal y los ejercicios pliométricos aumentan la efectividad en la reducción de las lesiones del LCA en las deportistas.

Bibliografía

1. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthro*. 2007;23(12):1320-5.
2. McCarthy MM, Voos JE, Nguyen J, Callahan L, Hannafin JA. Injury profile in elite female basketball athletes at the Women's National Basketball Association combine. *Am J Sports Med*. 2013;41(3):645-51.
3. Alanís-Blancas LM, Zamora P, Cruz A. Ruptura del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas. *Centro Médico ABC*. 2012;54(2):93-7.
4. Sugimoto D, Myer GD, Foss KD. Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females. *Br J Sports Med*. 2015;49:282-9.
5. Myer GD, Sugimoto D, Thomas S. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013;41:205-13.
6. Sadoghi P, Keudell A, Vavken P. Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94:769-76.
7. Gagnier JJ, Morgenstern H, Chess L. Interventions designed to prevent anterior cruciate ligament injuries in adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013;41:1952-62.
8. Herman K, Barton C, Malliaras P, Morrissey D. The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. *BMC Medicine*. 2012;10:75.
9. Michaelidis M, Koumantakis GA. Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports. *Phys Ther Sport*. 2014;15:200-10.
10. Taylor JT, Ford KR, Nguyen A, Terry LN, Hegedus EJ. Prevention of lower extremity injuries in basketball: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*. 2015;7(5):392-8.
11. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effects of neuromuscular training on the incidence of Knee injury in female athletes. A prospective injury. *Am J Sports Med*. 1999;27(6):699-706.
12. Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX. Avoidance of Soccer Injuries with Preseason Conditioning. *Am J Sports Med*. 2000;28(5):659-62.
13. Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, et al. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med*. 2008;36(8):1476-83.
14. Pfeiffer RP, Shea KG, Roberts D, Grandstrand S, Bond L. Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J of Bone and Joint Surg Am*. 2008;88(8):1769-74.
15. Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, Holme I, Bahr R. Preventing injuries in female youth football – a cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18: 605-14.
16. Söderman K, Werner S, Pietilä T, Engström B, Alferdson HB. Balance board training: prevention of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000;8: 356-63.
17. Myklebust G, Engebretsen L, Breakken IH, Skjølberg A, Olsen OE., Bahr R, et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med*. 2003;13:71-8.
18. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2005;330 (7489):449.
19. Petersen W, Christoph B, Bock W, Schmidt K, Wiemann A, Drescher W, et al. A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125:614-21.
20. Pasanen K, Parkkari J, Pasanen M, Hiilloskorpi H, Mäkinen T, Järvinen M, et al. Neuromuscular training and the risk of leg injuries in female floorball players: cluster randomised controlled study. *BMJ*. 2008;337:295.
21. Walden M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Häglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2012;300:3042.
22. Kiani S, Hellquist E, Ahlqvist K, Gedeberg R, Michaëlsson K, Byberg L, et al. Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Arch of Intern Med*. 2010;170(1):43-9.
23. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, et al. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 2016;50(9): 552-7.

Respirar en altitudes extremas. Proyectos científicos "EVEREST" (Primera parte)

Eduardo Garrido^{1,2}, Oriol Sibila³, Ginés Viscor^{2,4}

¹Servicio de Hipobaría y Fisiología Biomédica. Universidad de Barcelona. ²Instituto de Estudios de Medicina de Montaña. Barcelona. ³Servicio de Neumología. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona. ⁴Departamento de Biología Celular, Fisiología e Inmunología. Universidad de Barcelona.

Recibido: 03.03.2017

Aceptado: 31.05.2017

Resumen

Escalar el punto más alto de la Tierra, el Mt. Everest (8.848 m), sin equipos de oxígeno conlleva una demanda fisiológica que está próxima a la máxima capacidad de tolerancia humana. Exponerse a altitudes extremas condiciona drásticamente la función pulmonar, el nivel de oxígeno y el rendimiento físico. Esta revisión reúne interesantes aspectos respiratorios, de gases sanguíneos y ejercicio aeróbico aportados por aquellos proyectos científicos que han llevado a cabo mediciones fisiológicas entre 8.000 m y 8.848 m, en altitud real o simulada, como las Operaciones "Everest I" (1946), "Everest II" (1985) y "Everest III-COMEX" (1997), y las Expediciones "AMREE" (1981), "British 40th Anniversary Everest" (1993) y "Caudwell Xtrem Everest" (2007). Estos fascinantes eventos de investigación, junto a otros destacados proyectos biomédicos realizados a más de 5.500 m, muy especialmente las Expediciones "Silver Hut" (1960-61), "Italiana all'Everest" (1973) y "British Everest Medical" (1994), incluyendo aquellas pioneras observaciones científicas llevadas a cabo en el s.XIX hasta los más recientes proyectos de investigación realizados, han sentado las bases del conocimiento sobre la tolerancia humana ante niveles de hipoxia hipobárica extrema, donde el pulmón y la cadena respiratoria adquieren un trascendente protagonismo requiriéndose de finos ajustes fisiológicos que garanticen la oxigenación celular. Asimismo, se exponen ciertos aspectos geofísicos, factores climáticos y otros condicionantes ambientales que limitan la viabilidad biológica y pueden afectar la salud respiratoria de los alpinistas situados en las cotas superiores de la troposfera a la latitud subtropical donde se encuentra ubicada dicha montaña. Actualmente cientos de alpinistas intentan alcanzar la cumbre del Mt. Everest todos los años, pero solo algunos consiguen su objetivo sin inhalar oxígeno suplementario, entre ellos algunos excepcionalmente dotados nativos Sherpa, protagonistas de insospechadas hazañas en la montaña más elevada de la superficie terrestre, cuya cima roza el límite fisiológico de supervivencia para el ser humano.

Palabras clave:

Altitud. Consumo de oxígeno. Hipoxia. Montañismo. Presión atmosférica. Respiración.

Breathing at extreme altitudes. Scientific projects "EVEREST" (First part)

Summary

Climbing to the highest height on Earth, the Mt. Everest (8.848 m), without supplementary oxygen equipment involves a physiological demand that is close to the maximum human tolerance. Exposures at extreme altitudes drastically conditions lung function, stores of oxygen and physical performance. This review brings interesting aspects about respiration, blood gases and aerobic exercise reported by those scientific projects that have carried out physiological measurements between 8,000 m and 8,848 m above sea level, under real or simulated altitude: the Operations "Everest I" (1946), "Everest II" (1985), "Everest III-COMEX" (1997), and the Expeditions "AMREE" (1981), "British 40th Anniversary Everest" (1993), and "Caudwell Xtrem Everest" (2007). These fascinating scientific research events, along with other outstanding biomedical expeditions performed above 5,500 m, like especially the "Silver Hut" (1960-61), "Italiana all'Everest" (1973), and "British Everest Medical" (1994), including those pioneer scientific reports made on the XIX century until the most recent research projects performed, have laid the foundations and knowledge on the human tolerance to such extreme levels of hypobaric hypoxia, where the lung, breathing and respiratory chain takes on a major role requiring fine physiological adjustments to ensure cellular oxygenation. Geophysical aspects, climatic factors and other environmental conditions that limit the biological viability and can affect the respiratory health of climbers on the upper troposphere zone at the subtropical latitude where that mountain is located are likewise reviewed and analyzed. Every year, hundreds of climbers try to reach the top of Mt. Everest, but only a few of them achieved their goal without inhaling supplemental oxygen, including some exceptionally gifted Sherpa natives, protagonist on unsuspected exploits in the highest mountain on terrestrial surface, whose summit touch the physiological limit of survival for the human being.

Key words:

Altitude. Oxygen uptake. Hypoxia. Mountaineering. Atmospheric pressure. Respiration.

Correspondencia: Eduardo Garrido
E-mail: eduardogarrido@movistar.es

Introducción

Desde la primera ascensión del Mt. Everest (8.848 m), realizada en 1953 por Edmund Hillary y Tenzing Norgay, su cumbre ya ha sido alcanzada casi nueve mil veces. Ambos pioneros utilizaron equipos de oxígeno, pues aproximarse a la cumbre con el aporte de 3-4 L·min⁻¹ de este gas¹ equivalía a disponer de una concentración del mismo en el organismo similar al registrado a una altitud 3.000 m inferior². El milagroso aumento de capacidad física que proporcionaba inhalar el contenido de las bombonas llevó a los nativos sherpa a denominarlo "aire inglés"³. No fue hasta 1978 cuando Reinhold Messner y Peter Habeler protagonizaron la gran hazaña de conquistar dicha montaña sin equipos de oxígeno, habiendo transcurrido más de medio siglo desde que en 1924 Edward Norton consiguiera escalarlo hasta los 8.570 m de la misma forma⁴. Este hecho evidencia que la dificultad de ascender los últimos 300 m de la pirámide del Everest sea debida a factores ambientales más que a técnicos. Hoy en día los alpinistas que atacan el tramo final de esta montaña suelen inhalar 2-3 L·min⁻¹ de oxígeno suplementario⁵, pero en la historia de esta montaña menos del 5% de sus ascensiones han sido realizadas respirando solo aire ambiental. Intentar escalarla así, aun con previa aclimatación a la altitud, conlleva a casi triplicar el riesgo de morir, pues datos previos indican que fallecen el 8,3% de los alpinistas que alcanza la cumbre sin uso de botellas de oxígeno, frente al 3% de los que sí hacen uso de ellas⁶. En general, la mayor probabilidad de coronar con éxito y sobrevivir al Mt. Everest se muestra entre alpinistas de franja de edad de 30-35 años⁷. Tener experiencia previa escalando a muy extrema altitud no parece reducir la mortalidad en esta montaña⁸. Un tercio de los accidentes mortales se asocian a hipoxia y bajas temperaturas, soliendo producirse durante el descenso y se atribuyen a traumatismos graves debido a caídas, probablemente favorecidos por edemas cerebrales que inducen a disfunciones neurocognitivas, así como desfallecimientos por fatiga extrema^{9,10}. Cabe destacar que exponerse bruscamente a dichas altitudes tan extremas sin aclimatación previa provocaría un severo deterioro del sistema nervioso central con instauración de pérdida de conciencia en menos de 2-3 minutos¹¹.

El pulmón es uno de los órganos que más se ve afectado a gran altitud. La respiración y la circulación pulmonar adquieren un rol decisivo en la adaptación a la hipoxia pues deben garantizar las demandas de oxígeno celular y es durante el ejercicio físico cuando puede alcanzarse una de las situaciones fisiológicamente más críticas. Asimismo, la vía respiratoria está directamente expuesta a otros factores ambientales nocivos propios de la altitud, como baja temperatura y humedad relativa o presencia de ozono. Los conocimientos que hoy en día disponemos acerca del ser humano expuesto entre los 8.000 m y 8.848 m han sido proporcionados por las numerosas publicaciones científicas generadas, básicamente, por los siguientes ambiciosos proyectos de investigación llevados a cabo en cámaras hipobáricas: en EUA la "Operation Everest I" de 1946, la "Operation Everest II" de 1985, y en Francia la "Operation Everest III-COMEX" de 1997; así como por las siguientes expediciones científicas realizadas en el Mt. Everest: "American Medical Research Expedition to Everest" de 1981, "British 40th Anniversary Everest Expedition" de 1993, y la británica "Caudwell Xtrem Everest" de 2007¹²⁻¹⁷. Pese a no haberse alcanzado tales altitudes destacan, muy especialmente, la expedición

científica norteamericana "Silver Hut" de 1960-1961, la "Spedizione Italiana all'Everest" de 1973, y la "British Everest Medical Expedition" de 1994¹⁸⁻²⁰. Mencionar también los más recientes proyectos, como el norteamericano "Everest Extreme Expedition" de 1998-1999, el germánico "Everest MedEx" de 2006 y el británico "Xtreme Everest 2" de 2013²¹⁻²³. Finalmente, merece alusión el ensayo realizado en Inglaterra en 1954 en cámara de descompresión simulando altitudes muy extremas²⁴, así como dos pioneras experiencias realizadas a finales del s.XIX, también en cámara hipobárica, consiguiéndose despresurizaciones similares o mayores a la reinante en la cima del Mt. Everest: en Italia en 1898 y en Francia en 1874^{25,26}, esta última denominada posteriormente "Operation Everest 0"²⁷. En la primera mitad del s.XX destacan, en este sentido, dos pioneras expediciones alpinas británicas llevadas a cabo en el Everest en 1933 y 1938, respectivamente; pese a que su principal objetivo no fue propiamente científico, se obtuvieron parámetros o muestras biomédicas en altitudes extremas^{28,29}. En la Tabla 1 se detallan algunos aspectos de todos estos proyectos biomédicos y expediciones alpino-científicas.

El principal objetivo de este artículo de revisión es exponer de forma conjunta aquellos aspectos esenciales relativos a la función respiratoria, transporte de oxígeno y/o potencia aeróbica máxima que han sido reportados por estos proyectos científicos. Igualmente se exponen y analizan algunos aspectos geofísicos, climáticos y meteorológicos que pueden interferir en la capacidad que tiene el ser humano de alcanzar la cumbre del Mt. Everest sin suplementación de oxígeno. Para ello se ha realizado un sondeo bibliográfico exhaustivo en la base de datos PubMed, utilizando como principal estrategia de búsqueda la siguiente combinación: "Respirat*[TW] OR Everest[TW] NOT mitral AND aerob*"; y, además, se han revisado las últimas ediciones de los libros y documentos internacionales de Medicina de Montaña más importantes publicados hasta la fecha. Adicionalmente, ciertos datos logísticos y técnicos de algunas de las expediciones alpinas se han obtenido en las páginas oficiales de internet publicadas exclusivamente por los propios organizadores de los respectivos eventos.

Presión barométrica, gases respiratorios y sanguíneos en la cima del Mt. Everest

La pirámide final que forma la gran mole geológica del Everest está situada en la denominada "zona de la muerte"³⁰. En su cima la presión barométrica (PB) es muy baja, lo que conlleva una presión inspiratoria de oxígeno (PiO₂) severamente reducida (~43 mmHg)^{31,32}, pero, aun así, su ascensión es posible sin equipos de oxígeno. Ello es especialmente cierto durante el periodo anual más cálido, pues la PB en la cumbre es mayor (~251-255 mmHg)^{33,34}. La respiración pulmonar debe poder asegurar la cadena respiratoria mitocondrial celular, pero a 8.848 m de altitud la presión arterial de oxígeno (PaO₂) es de tan solo 27-31 mmHg^{13,14,31,32,35}, incluso han sido detectados valores medios de PaO₂ inferiores a 25 mmHg descendiendo de la cima³⁶. No obstante, la baja presión alveolar de dióxido de carbono (PACO₂), secundaria a la hiperventilación pulmonar, ayuda a mantener estable la presión alveolar de oxígeno (PAO₂) en cotas mayores a ~7.000 m³². Según el diagrama de Rahn y Otis, la PAO₂ media suele mantenerse por encima de 35 mmHg en el sujeto aclimatado a la hipoxia³⁷ (Figura 1), pero las

Tabla 1. Principales proyectos científicos biomédicos realizados en humanos y expediciones de alpinismo en los que se han obtenido parámetros de función pulmonar y/o muestras de gases respiratorios, gases sanguíneos y/o ergoespirometrías en altitudes superiores a 5.300 m en el área del Monte Everest, así como mediante cámaras hipobáricas o mezclas hipóxicas que han simulado altitudes muy extremas similares a dicha montaña (8.848 m).

Proyecto biomédico o expedición	Año	País	Director científico	Altitud máx. alcanzada (m)	Altitud máx. (m)* muestras/parámetros
Operation Everest 0 (a)	1874	Francia	Paul Bert	8.840	8.840
Camera Decompressione (b)	1898	Italia	Angelo Mosso	11.650	10.800
Everest Expedition (c)	1933	Inglaterra	Raymond Greene	8.580	7.840
Mt. Everest Expedition (d)	1938	Inglaterra	Charles Warren	8,300	6.400
Operation Everest I (e)	1946	EUA	Charles Houston & Richard Riley	15.420	8.848
Himalayan Exped. to Mt. Everest (f)	1953	Inglaterra	Griffith Pugh & Michael Ward	8,848	7.325
Decompression Chamber (g)	1954	Inglaterra	John Cotes	8.240	8.240
Silver Hut (h)	1960-61	Inglaterra	Griffith Pugh	8.362	7.830
Spedizione Everest (i)	1973	Italia	Paolo Cerretelli	8.848	6.500
AMREE (j)	1981	EUA	John West	8.848	8.848
Operation Everest II (k)	1985	EUA	Charles Houston & John Sutton	9.150	8.848
40th Anniversary Everest Exped. (l)	1993	Inglaterra	Andrew Peacock & Peter Jones	8.848	8.000
Everest Medical Expedition (m)	1994	Inglaterra	David Collier	8.848	8.000
Operation Everest III-COMEX (n)	1997	Francia	Jean-Paul Richalet	8.848	8.848
Everest Extreme Expedition (o)	1998-99	EUA	Peter Angood	8.848	6.100
Everest MedEx (p)	2006	Alemania	Klaus Mees	8.848	8.763
Caudwell Xtreme Everest (q)	2007	Inglaterra	Michael Grocott	8.848	8.400
Xtreme Everest 2 (r)	2013	Inglaterra	Daniel Martin & Edward Gilbert-Kawai	5.300	5.300

*Altitud máxima real o calculada en función de presión intracámara y/o FiO_2 aplicada. **(a)** Denominación dada al primer ensayo realizado en cámara hipobárica; ante presiones menores de 410 mmHg, equivalentes a >5.000 m, se inhaló intermitentemente mezclas enriquecidas en oxígeno, aunque no se especificó la FiO_2 utilizada. **(b)** Proyecto en cámara hipobárica sin nomenclatura específica; se utilizó una $FiO_2=29,2\%$ a 11.650 m. **(c-d)** Expediciones no propiamente científicas aunque se obtuvieron muestras de gases pulmonares hasta las altitudes respectivas especificadas. **(e)** El proyecto hace referencia a atmósfera estándar en cámara hipobárica; muestras de gases pulmonares con $PiO_2=43$ mmHg, equivalente a 8.848 m. **(f)** Expedición no propiamente científica aunque se obtuvieron parámetros ventilatorios a 6.470 m y muestras de gases pulmonares a 7.325 m. **(g)** Proyecto en cámara hipobárica sin nomenclatura específica; pertenece al "The Mount Everest oxygen mask-Medical Research Council High Altitude Committee". **(h)** Denominada también "Himalayan Scientific and Mountaineering Expedition"; ergometría realizadas a 7.430 m; muestras de gases pulmonares a 7.830 m. **(i)** Ergometría realizadas a 5.350 m y muestras de gases a 6.500 m. **(j)** Siglas internacionales como se conoce a la "American Medical Research Expedition to Mt. Everest"; ergometría realizadas a 6.300 m con una $FiO_2=14\%$, equivalente a 8.848 m; muestras de gases pulmonares obtenidas en altitud real de 8.848 m. **(k)** El proyecto hace referencia a atmósfera estándar en cámara hipobárica; ergometría realizadas a 9.150 m con una $PiO_2=43$ mmHg, equivalente a 8.848 m. **(l)** Expedición no propiamente científica aunque se obtienen muestras de gases alveolares y SaO_2 . **(m)** También denominada "MedEx"; se obtienen muestras de gases alveolares y SaO_2 . **(n)** Ergometría realizadas a 7.000 m en cámara hipobárica; muestras de gases pulmonares con una $PiO_2=43$ mmHg, equivalente a 8.848 m. **(o)** Denominado también "Yale-NASA Mt. Everest Telemedicine Project" o "E3". **(p)** Denominado también "Ludwig Maximilians University Expedition to Mt. Everest"; se obtiene polisomnografía a 7.500 m y SaO_2 a 8.763 m. **(q)** Ergometría realizadas a 7.950 m y gasometrías arteriales a 8.400 m. **(r)** Proyecto dependiente del "Caudwell Xtreme Everest Hypoxia Research Consortium"; se obtienen numerosas muestras espirométricas.

muestras obtenidas en la cima del Mt. Everest o simulando su misma altitud oscilan entre 21-37,6 mmHg con valores de $PACO_2$ entre 7,5-14,2 mmHg, evidenciándose la extrema hipoxia hipocápnica que acontece en dicha situación ambiental^{14,31,32,35,38,39}. Pese a todas estas sorprendentes cifras biológicas, el equilibrio ácido-base se mantiene en un rango fisiológicamente viable, incluso ante tal intensa alcalosis respiratoria con pH sanguíneos que alcanzan valores de hasta 7,78³². Debido al efecto Bohr, dicha alcalosis reduce la $P50$ de la oxihemoglobina hasta valores de ~19 mmHg, consiguiéndose una saturación arterial de oxígeno (SaO_2) del 58-70% reposando a 8.848 m^{31,32}, pese a que se han registrado valores del ~50% entre 8.400 y 8.763 m^{22,36}. Aun respirando oxígeno a razón de 2 L·min⁻¹, algunos sujetos situados a 8.000 m no consiguen una SaO_2 mayor al 80%¹⁶. En la Tabla 2 se muestran algunos valores medios referentes al gas oxígeno a nivel del mar y en la cumbre del Mt. Everest.

Cabe reseñar que en altitudes próximas a 8.000 m ya existen diferencias significativas fisiológicas entre una condición ambiental

Figura 1. Presión alveolar de oxígeno en función de la presión alveolar de dióxido de carbono, ante una exposición hipóxicas aguda o crónica. Basado en Rahn y Otis³⁷.

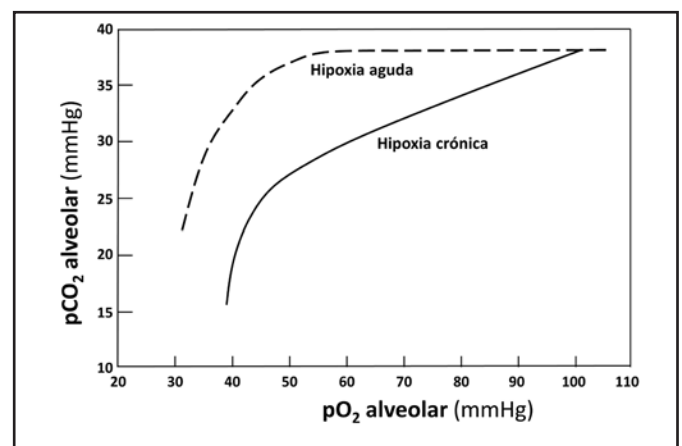


Tabla 2. Valores fisiológicos relativos al oxígeno a la altitud equivalente del Mt. Everest (8.848 m) en situación de reposo y durante un ejercicio físico máximo. Se muestran los valores medios aproximados calculados en función de los datos reportados por diversos estudios^{13-15,31,32,38,39,48,84}.

Altitud (m)	PB (mmHg)	PiO ₂ (mmHg)	PAO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	SaO ₂ (%)	VO ₂ max (%)
Nivel mar*	760	149	100	95	97	100
8.848 reposo	252	43	31	29	64	—
8.848 ejercicio	252	43	35	25	41	25

PB: presión barométrica (atmósfera modelo); PiO₂, PAO₂, PaO₂: presiones parciales de oxígeno a nivel inspiratorio, alveolar y arterial, respectivamente; SaO₂: saturación arterial de oxígeno; VO₂max: porcentaje esperado de captación máxima de oxígeno. *Valores de PAO₂, PaO₂ y SaO₂ en situación de reposo.

de hipoxia normobárica e hipoxia hipobárica⁴⁰, o entre mediciones realizadas a altitudes reales en la propia montaña y la cota equivalente en cámara hipobárica⁴¹. Valores de PiO₂ próximos a los estimados en cumbre del Everest han sido registrados a 8.400 m y hasta cifras extremas de PaO₂ (19,1 mmHg) se han alcanzado a dicha altitud descendiendo de la cumbre^{36,42}. Asimismo, debe tenerse en cuenta las diferencias existentes entre el tipo de "atmósfera estándar de aviación internacional" o la "atmósfera modelo", pues en las Operaciones Everest I y II se utilizó como referencia la atmósfera estándar. La PB intracámara alcanzada en la Operación Everest II (240 mmHg) equivalía a 9.150 m, desfase corregido mediante un flujo inspiratorio de oxígeno (FiO₂) del 22%, hecho que confirmó una PiO₂ de 42-43 mmHg^{39,43} correspondiente a la existente en cima del Everest³⁴.

Adaptación pulmonar y función ventilatoria en altitudes extremas

La hipoxia es un potente vasoconstrictor arteriolar pulmonar, redistribuyéndose la sangre por todo el lecho vascular de este órgano. Dicha respuesta fisiológica está destinada a optimizar la relación ventilación-perfusión (VA/Q) y, por tanto, el intercambio gaseoso, pese a que un importante incremento de la resistencia vascular provoque hipertensión pulmonar (HTP)⁴⁴⁻⁴⁷. No obstante, a muy extremas altitudes, la existencia de cierta desigualdad en la VA/Q y la limitación de la difusión alveolo-capilar parecen jugar un gran protagonismo en la reducción de la PaO₂^{45,48,49} y ello parece justificarse, en parte, por el gran incremento de volumen sanguíneo pulmonar y la presencia de edema intersticial, precisamente debido a la brusca hipertensión inducida por la vasoconstricción hipóxica⁵⁰. Esta situación puede generar una espiral de efectos negativos en la que edema intersticial, baja SaO₂, vasoconstricción hipóxica e HTP se pueden encadenar y amplificar mutuamente causando un edema pulmonar masivo de consecuencias fatales. Estos hechos, así como el efecto causado por la hipoxia sobre la musculatura respiratoria, son decisivos en la aparición precoz de fatiga severa a gran altitud⁵¹.

Un factor determinante para una correcta adaptación a la altitud es poseer una rápida e intensa respuesta ventilatoria a la hipoxia

(RVH)⁵²⁻⁵⁴. No obstante, en alpinistas de élite, habituados a grandes altitudes, parece ser beneficiosa una RVH más atenuada. Aunque este hecho despertó ciertas controversias⁵⁵, una menor RVH con mayor eficiencia ventilatoria favorecería a los himalayistas a poseer un incremento de reserva ventilatoria a muy extrema altitud⁵⁶. Se acepta hoy día que la tolerancia a la altitud aumenta con la edad y, en buena parte, esto se debe a una mejora en la RVH en los varones, de acuerdo con un estudio realizado en 4.675 sujetos (2.789 hombres y 1.886 mujeres de entre 14-85 años de edad), pero la respuesta cardiaca a la hipoxia se atenuó con el envejecimiento en ambos sexos. En el mismo estudio se encontró similares resultados en 30 sujetos explorados con un intervalo medio de 10,4 años, mostrando estos una disminución de la frecuencia cardiaca y un aumento de la RVH con el envejecimiento, siendo dichas respuestas adaptativas menos pronunciadas o ausentes en mujeres post-menopáusicas no entrenadas físicamente⁵⁷.

Por otra parte, la máxima ventilación voluntaria (MVV) aumenta progresivamente con la altitud, llegando a valores superiores a los 200 L·min⁻¹ a 8.240 m, debido a la baja densidad del aire traqueal y que a 8.848 m es de solo un ~30% respecto al nivel del mar²⁴. Durante un ascenso simulado hasta la cumbre del Everest, la capacidad vital forzada (CVF) se reduce progresivamente hasta un 14%, el flujo espiratorio medio (FEF25-75%) aumenta un 82%, pero el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1) no muestra cambios significativos respecto a baja cota⁵⁰. Otros estudios sí detectan reducciones ligeras de la FEV1, incluso a mucha menor altitud⁵⁸, hallándose una correlación directa entre los sujetos que muestran menores valores de CVF y FEV1 con niveles de SaO₂ inferiores⁵⁹. La reducción de la CVF probablemente sea debida por cambios del volumen sanguíneo pulmonar y/o presencia de edema intersticial⁶⁰. El volumen espiratorio (VE) reposando a unos 7.500 m es de 23 L·min⁻¹⁽⁶¹⁾ y en la cumbre del Everest de unos 40 L·min⁻¹, es decir, unas 5 veces mayor al correspondiente a nivel del mar⁶². Los alpinistas atacan la pirámide final de esta montaña a un ritmo extraordinariamente lento y, pese a ello, necesitan mantener una VE de ~100-120 L·min⁻¹, hiperventilación caracterizada por una respiración rápida y superficial, dado que sus frecuencias respiratorias (FR) alcanzan las 60 resp·min⁻¹⁽⁴⁸⁾. Pero, si el ejercicio es de máxima intensidad durante la aproximación a la altitud de 8.848 m algún sujeto puede sobrepasar, incluso, los 200 L·min⁻¹⁽³⁹⁾ y las 80 resp·min⁻¹⁽⁴⁸⁾. No obstante, hiperventilaciones tan extremas, aunque con menor FR, son más usuales durante esfuerzos máximos realizados con PiO₂ correspondientes a altitudes comprendidas entre 5.000 y 7.000 m, dado que a mayores elevaciones la capacidad de ejercicio queda muy mermada⁴⁸. La respuesta ventilatoria isocápnica e hipercápnica a la hipoxia se incrementa solo ligeramente en altitudes superiores a 8.000 m⁶¹. Cabe destacar la gran incidencia de fases de apnea-hipopnea que aparecen durante el sueño a gran altitud, y que a 7.500 m se han registrado hasta 148 fases·h⁻¹, alcanzándose valores de SaO₂ del 48%, inferiores que las registradas en estado de vigilia a 8.763 m en el mismo sujeto²².

Bibliografía

1. Pugh LGC, Ward MP. Some effects of high altitude on man. *Lancet*. 1956;1:1115-21.
2. Ward MP. The first ascent of Mount Everest, 1953: the solution of the problem of the 'last thousand feet'. *J Wilderness Med*. 1993;4:312-8.

3. Oelz O. Everest – mysteries gone. *J Wilderness Med.* 1993;4:235-6.
4. Grocott MP, Levett DZh. Everest 60 years on: what next? *Extrem Physiol Med.* 2013;2:20.
5. Peacock AJ. ABC of oxygen: oxygen at high altitude. *Br Med J.* 1998;317:1063-6.
6. Huey RB, Eguskitza X. Supplemental oxygen and mountaineer death rates on Everest and K2. *JAMA.* 2000;284:181.
7. Huey RB, Salisbury R, Wang JL, Mao M. Effects of age and gender on success and death of mountaineers on Mount Everest. *Biol Lett.* 2007;3:498-500.
8. Westhoff JL, Koepsell TD, Littell CT. Effects of experience and commercialization on survival in Himalayan mountaineering: retrospective cohort study. *Br Med J.* 2012;344:e3782.
9. Pollard A, Clarke C. Deaths during mountaineering at extreme altitude. *Lancet.* 1988;1:1277.
10. Firth PG, Zheng H, Windsor JS, Sutherland AI, Imray CH, Moore GWK, et al. Mortality on Mount Everest, 1921-2006: descriptive study. *Br Med J.* 2008;337:a2654.
11. Gradwell DP. Hypoxia and hyperventilation. En: Gradwell DP, Rainford DJ. *Ernsting's Aviation and Space Medicine.* Boca Raton: CRC Press; 2016. p.49-64.
12. Houston CS, Riley RL. Respiratory and circulatory changes during acclimatization to high altitude. *Am J Physiol.* 1947;140:565-88.
13. Houston CS, Sutton JR, Cymerman A, Reeves JT. Operation Everest II: man at extreme altitude. *J Appl Physiol.* 1987;63:877-82.
14. Richalet JP, Robach P, Jarrot S, Schneider JC, Mason NP, Cauchy E, et al. Operation Everest III (COMEX'97). Effects of prolonged and progressive hypoxia on humans during simulated ascent to 8,848 m in a hypobaric chamber. *Adv Exp Med Biol.* 1999;474:297-317.
15. West JB. Human physiology at extreme altitudes on Mount Everest. *Science.* 1984;223:784-8.
16. Peacock AJ, Jones PL. Gas exchange at extreme altitude: results from the British 40th Anniversary Everest Expedition. *Eur Respir J.* 1997;10:1439-44.
17. Grocott MPW, Richardson A, Montgomery H, Mythen M. Caudwell. Xtreme Everest: a field study of human adaptation to hypoxia. *Crit Care.* 2007;11:151.
18. Pugh LGCE. Physiological and medical aspects of the Himalayan scientific and mountaineering expedition, 1960-1961. *Br Med J.* 1962;2:621-7.
19. Cerretelli P. The Italian expedition to Everest 1973: A physician's experiences. *Riv Med Aeronaut Spaz.* 1975;38:78-99.
20. Barry PW, Mason NP, Collier D. Sampling for analysing blood gas pressures. Mount Everest study supports use of capillary samples. *Br Med J.* 1995;310:1072.
21. Angood PB, Satava R, Doarn C, Merrell R, E3 Group. Telemedicine at the top of the world: the 1998 and 1999 Everest extreme expeditions. *Telemed J E Health.* 2000;6:315-25.
22. Mees K, de la Chaux R. Polygraphy of sleep at altitudes between 5300 and 7500 m during an expedition to Mt. Everest (MedEx 2006). *Wilderness Environ Med.* 2009;20:161-5.
23. Martin DS, Gilbert-Kawai E, Levett DZh, Mitchell K, Kumar BcR, Mythen MG, et al. Xtreme Everest 2: unlocking the secrets of the Sherpa phenotype? *Extrem Physiol Med.* 2013;2:30.
24. Cotes JE. Ventilatory capacity at altitude and its relation to mask design. *Proc R Soc Lond Biol Sci.* 1954;143:32-9.
25. Mosso A. *Life of man in the high Alps.* Londres: T.F. Unwin; 1898. p.289-97.
26. Bert P. *La pression barométrique: Recherches de physiologie expérimentale.* Paris: G. Masson; 1878. p.746-63.
27. Dejours P, Dejours S. The effects of barometric pressure according to Paul Bert: The question today. *Int J Sports Med.* 1992;13(S1):1-5.
28. Greene R. Observations on the composition of alveolar air on Everest, 1933. *J Physiol.* 1934;82:481-5.
29. Warren CBM. Alveolar air on Mount Everest. *J Physiol.* 1939;96:34-5.
30. Proffitt F. Science in the 'Death Zone'. *Science* 2005;308:1541-2.
31. Sutton JR, Reeves JT, Wagner PD, Groves BM, Cymerman A, Malconian MK, et al. Operation Everest II: oxygen transport during exercise at extreme simulated altitude. *J Appl Physiol.* 1988;64:1309-21.
32. West JB, Hackett PH, Maret KH, Milledge JS, Peters RM, Pizzo CJ, et al. Pulmonary gas exchange on the summit of Mount Everest. *J Appl Physiol.* 1983;55:678-87.
33. West JB. Barometric pressures on Mt. Everest: New data and physiological significance. *J Appl Physiol.* 1999;86:1062-6.
34. West JB, Lahiri S, Maret KH, Peters RM, Pizzo CJ. Barometric pressures at extreme altitudes on Mt. Everest: physiological significance. *J Appl Physiol.* 1983;54:1188-94.
35. West JB. Climbing Mt. Everest without oxygen: an analysis of maximal exercise during extreme hypoxia. *Respir Physiol.* 1983;52:265-79.
36. Grocott MPW, Martin DS, Levett DZH, McMorrow R, Windsor J, Montgomery HE. Arterial blood gases and oxygen content in climbers on Mount Everest. *N Engl J Med.* 2009;360:140-9.
37. Rahn H, Otis AB. Man's respiratory response during and after acclimatization to high altitude. *Am J Physiol.* 1949;157:445-62.
38. Houston CS. Operation Everest I and II. En: Houston CS. *Going Higher: Oxygen, Man and Mountains.* Seattle: The Mountaineers; 1998. p.194-203.
39. Cymerman A, Reeves JT, Sutton JR, Rock PB, Groves BM, Malconian MK, et al. Operation Everest II: maximal oxygen uptake at extreme altitude. *J Appl Physiol.* 1989;66:2446-53.
40. Self DA, Mandella JG, Prinzo OV, Forster EM, Shaffstall RM. Physiological equivalence of normobaric and hypobaric exposures of humans to 25,000 feet (7,620 m). *Aviat Space Environ Med.* 2011;82:97-103.
41. Pugh LGCE. Resting ventilation and alveolar air on Mount Everest: with remarks on the relation of barometric pressure to altitude in mountains. *J Physiol.* 1957;135:590-610.
42. Levett DZH, Martin DS, Wilson MH, Mitchell K, Dhillon S, Rigat F, et al, for the Caudwell Xtreme Everest Research Group. Design and conduct of Caudwell Xtreme Everest: an observational cohort study of variation in human adaptation to progressive environmental hypoxia. *BMC Med Res Methodol.* 2010;10:98.
43. Houston CS. Operation Everest One and Two. Studies of acclimatization to simulated high altitude. *Respiration.* 1997;64:398-406.
44. Heath D, Williams DR. Pulmonary hypertension. En: Heath D, Williams DR. *High-Altitude Medicine and Pathology.* Nueva York: Oxford University Press; 1995. p.121-39.
45. Richalet JP, Herry JP. Les réactions de l'organisme à l'altitude. En: Richalet JP, Herry JP. *Médecine de l'Alpinisme et des Sports de Montagne.* Paris: Ed. Masson; 2006. p.33-69.
46. Bousuges A, Molenat F, Burnet H, Cauchy E, Gardette B, Saintry JM, et al. Operation Everest III (Comex'97): modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia. An echocardiographic and Doppler study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;16:264-70.
47. Wilkins MR, Ghofrani HA, Weissmann N, Aldashev A, Zhao L. Pathophysiology and treatment of high-altitude pulmonary vascular disease. *Circulation.* 2015;131:582-90.
48. West JB, Boyer SJ, Graber DJ, Hackett PH, Maret KH, Milledge JS, et al. Maximal exercise at extreme altitudes on Mount Everest. *J Appl Physiol.* 1983;55:688-98.
49. Wagner PD. Operation Everest II. *High Alt Med Biol.* 2010;11:111-9.
50. Welsh CH, Wagner PD, Reeves JT, Lynch D, Cink TM, Armstrong J, et al. Operation Everest II: Spirometric and radiographic changes in acclimatized humans at simulated high altitudes. *Am Rev Respir Dis.* 1993;147:1239-44.
51. Forte VA, Leith DE, Muza SR, Fulco CS, Cymerman A. Ventilatory capacities at sea level and high altitude. *Aviat Space Environ Med.* 1997;68:488-93.
52. Schoene RB. Control of ventilation in climbers to extreme altitude. *J Appl Physiol.* 1982;53:886-90.
53. Schoene RB, Lahiri S, Hackett PH, Peters RM Jr, Milledge JS, Pizzo CJ, et al. Relationship of hypoxic ventilatory response to exercise performance on Mount Everest. *J Appl Physiol.* 1984;56:1478-83.
54. Masuyama S, Kimura H, Sugita T, Kuriyama T, Tatsumi K, Kunitomo F, et al. Control of ventilation in extreme-altitude climbers. *J Appl Physiol.* 1986;61:500-6.
55. Milledge JS. The ventilatory response to hypoxia: how much is good for a mountaineer? *Postgrad Med J.* 1987;63:169-72.
56. Bernardi L, Schneider A, Pomidori L, Paulucci E, Cogo A. Hypoxic ventilatory response in successful extreme altitude climbers. *Eur Respir J.* 2006;27:165-71.
57. Richalet JP, Lhuissier FJ. Aging, tolerance to high altitude, and cardiorespiratory response to hypoxia. *High Alt Med Biol.* 2015;16:117-24.
58. Sharma S, Brown B. Spirometry and respiratory muscle function during ascent to higher altitudes. *Lung.* 2007;185:113-21.
59. Pollard AJ, Barry PW, Mason NP, Collier DJ, Pollard RC, Pollard PF, et al. Hypoxia, hypocapnia and spirometry at altitude. *Clin Sci.* 1997;92:593-8.
60. Pollard AJ, Mason NP, Barry PW, Pollard RC, Collier DJ, Fraser RS, et al. Effect of altitude on spirometric parameters and the performance of peak flow meters. *Thorax.* 1996;51:175-8.
61. Schoene RB, Roach RC, Hackett PH, Sutton JR, Cymerman A, Houston CS. Operation Everest II: ventilatory adaptation during gradual decompression to extreme altitude. *Med Sci Sports Exer.* 1990;22:804-10.
62. West JB, Schoene RB, Luks AM, Milledge JS. The atmosphere. En: West JB, Schoene RB, Luks AM, Milledge JS. *High Altitude Medicine and Physiology.* Boca Raton: CRC Press; 2013. p.16-27.



FUTBOL IQ

Por: Dan Blank

Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.

Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.

Telf. 915 599 832 - Fax: 915 410 235

E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com

Madrid 2017, 128 páginas, P.V.P: 12,50 euros

Este es el primer libro escrito específicamente para jugadores. Con un lenguaje comprensible y de lectura entretenida y rápida, ofrece soluciones sencillas a los errores y problemas más comunes en el fútbol. Aporta, además, recursos tácticos y estrategias para

ayudar a los jugadores jóvenes a pensar y convertirlos en futbolistas inteligentes.

Su autor tiene más de 20 años de experiencia como entrenador y ha catalogado los errores y problemas más comunes del fútbol ofreciendo soluciones sencillas. El libro es un

compendio de las decisiones futbolísticas inteligentes destinadas a allanar el camino del aprendizaje y a mejorar el resultado de los equipos. Se explica de modo coloquial y sin tecnicismos lo que el autor ha "soportado" en años de estrés entrenando.



FUNDAMENTOS DEL ENTRENAMIENTO DE ULTRAFONDO

Por: Jason Koop y Jim Rutberg

Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.

Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.

Telf. 915 599 832 - Fax: 915 410 235

E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com

Madrid 2017, 352 páginas, P.V.P: 31,50 euros

Los ultramaratones no son simplemente maratones más largos. El ultrafondo plantea retos exclusivos en cuanto al entrenamiento y la nutrición, y exige un enfoque totalmente nuevo de la preparación. Este manual es una revolución en el entrenamiento; ha sido probado en competición, se basa en las investigaciones más punteras y en

años de experiencia de su autor como entrenador de los mejores ultrafondistas.

Con este libro se pueden adquirir los conocimientos científicos para potenciar al máximo el rendimiento en ultramaratones; a planificar la temporada; el sistema ADAPT para resolver las crisis durante las carreras; los errores habituales y el modo de resolverlos;

el entrenamiento interválico para centrarse en la carga de trabajo, dar un salto cuantitativo en las mejoras, reducir el riesgo de lesiones y correr más rápido; estrategias sencillas y eficaces para el aporte energético y la hidratación; y el modo de alcanzar el objetivo, ¡tanto si es terminar una carrera como ganarla!



GUÍA PRÁCTICA DE FISIOLÓGIA DEL EJERCICIO

Por: Bob Murray y W. Larry Kenney

Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.

Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.

Telf. 915 599 832 - Fax: 915 410 235

E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com

Madrid 2017, 208 páginas, P.V.P: 35 euros

Esta guía práctica ofrece un contenido fácil de seguir y conduce a sus lectores a través de los conceptos científicos de la fisiología del ejercicio. El texto sirve para aplicar estos conceptos al diseño de programas de ejercicios, dando a los entrenadores personales, a los especialistas de la fuerza y del acondicionamiento de la forma física, así como a otros profesionales

del *fitness* y la salud, unos recursos accesibles para utilizarlos con sus clientes y deportistas de cualquier nivel.

El texto se complementa con ilustraciones artísticas de un detallado trabajo médico que facilita la comprensión de los complejos sistemas fisiológicos. Estos sistemas se aplican a la práctica deportiva a través de explicaciones de

los ejercicios que benefician a sistemas orgánicos específicos, así como a grupos de población fuera del rango habitual de la competición deportiva: niños, mayores y mujeres embarazadas. Esta guía capacitará a los profesionales para seleccionar y explicar a sus clientes los ejercicios y regímenes de actividad física más apropiados a cada uno.

Agenda

2017		
2nd International Conference of Sport and Health Science	1-3 Noviembre Dead Sea (Jordania)	web: http://conferences.ju.edu.jo/sites/icssc2017
¿Qué hay de nuevo en la Traumatología de los deportes de nieve?	3-4 Noviembre Madrid	web: www.qhdn2017.com
I ESMA Open Meeting: "Stop sports injuries – back to sports"	3-4 Noviembre Munich (Alemania)	web: www.esma-conferencia.org
Realidad y necesidades sobre el ejercicio físico en pacientes con cáncer de mama	6 Noviembre Madrid	web: www.geicam.org E-mail: sbezares@geicam.org
6º Congreso Mundial del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad	9-11 Noviembre La Coruña	web: https://www.sportis.es
53º Congreso Chileno de Ortopedia y Traumatología - SCHOT 2017	15-18 Noviembre Villa del Mar (Chile)	web: www.schot.cl/congreso-chileno-de-ortopedia-y-traumatologia-2017/
XVI Simposio Internacional Clínica CEMTRO "Avances y actualizaciones en traumatología y ortopedia"	16-18 Noviembre Madrid	web: www.clinicacentro.com
10th EFSMA (European Federation of Sports Medicine Associations) Congress	16-18 Noviembre Cascais (Portugal)	Email: secretariat@efsma2017.org web: www.efsma2017.org
World Congress in Sports and Exercise Medicine	17-19 Noviembre Kuala Lumpur (Malasia)	E-mail: info@wcsem2017.org web: http://www.wcsem2017.org
VII Convención Internacional de Actividad Física y Deporte AFIDE 2017	20-24 Noviembre La Habana (Cuba)	E-mail: afide@inder.cu
VII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte	24-25 Noviembre Zaragoza	Información: femede@femede.es
BRICSCESS 2017: Exercise and Sports Science Conference	29 Noviembre- 2 Diciembre Santos (Brasil)	web: http://bricscess2017.com/index.html
Congress of Applied Sports Sciences	1-2 Diciembre Sofia (Bulgaria)	web: http://icass2017.com/
11th International INSHS Christmas sport scientific Conference	1-2 Diciembre Szombately (Hungria)	web: http://xmasconference.com/en/
54º Congreso Argentino de Ortopedia y Traumatología	2-5 Diciembre Buenos Aires (Argentina)	web: http://www.congresoaaot.org.ar
5th Congress of ECOSEP	9-10 Diciembre Dubái (Dubái)	web: http://ecosepjd.cu/

Agenda

2018		
Congrès francophone de médecine de montagne	17-21 Enero Champéry, (Suiza)	web: www.grimm-vs.ch
36 Congress International Society for Snowsports Medicine	15-17 Marzo Arosa (Suiza)	web: http://www.sitemsh.org/
World Congress on Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases	19-22 Abril Cracovia (Polonia)	web: www.wco-iof-esceo.org/
18th ESSKA Congress	9-12 Mayo Glasgow (Reino Unido)	web: http://esska-congress.org/
7th World Conference on Women and Sport	17-20 Mayo Gaborone (Bostwana)	web: www.icsspe.org/sites/default/files/e8_7TH%20IWG%20Conference%20docx.pdf
XXII Curso Asoc. Española Med. del Fútbol	25-26 Mayo Málaga	web: http://www.aemef.org/es/
XXVII Isokinetic Medical Group conference: "Football medicine outcomes. Are we winning?"	2-4 Junio Barcelona	E-mail: conference@isokinetik.com web: www.footballmedicinestrategies.com
European Congress of Adapted Physical Activity (EUCAPA)	3-5 Julio Worcester (Reino Unido)	Andrea Faull. E-mail: a.faull@worc.ac.uk Ken Black. E-mail: k.black@worc.ac.uk
23rd Annual Congress of the European College of Sport Science	4-7 Julio Dublín (Irlanda)	web: www.ecss-congress.eu/2018/
World Congress of Biomechanics	8-12 Julio Dublín (Irlanda)	web: http://wcb2018.com/
12th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine (ISPRM)	8-12 Julio París (Francia)	web: http://isprm2018.com/
World Congress of the Association Internationale des Ecoles Supérieures d'Éducation Physique (AIESEP)	25-28 Julio Edimburgo (Reino Unido)	web: http://aiesep.org/
XXXV Congreso Mundial de Medicina del Deporte	12-15 Septiembre Rio de Janeiro (Brasil)	web: www.fims.org
5th International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS)	27-29 Septiembre Groningen (Países Bajos)	web: http://ists2018.com/
VII Congreso Asociación Hispanoamericana de Médicos del Fútbol	Octubre Lima (Perú)	web: http://hispamef.com/
28° Congress European Society for surgery of the shoulder and the elbow (SECEC-ESSSE)	Ginebra (Suiza)	web: www.secec.org

2019		
12th Biennial ISAKOS	12-16 Mayo Cancún (México)	web: www.isakos.com
24th Annual Congress of the European College of Sport Science	3-6 Julio Praga (Rep. Checa)	E-mail: office@sport-science.org
14th International Congress of shoulder and elbow surgery (ICES)	17-20 Septiembre Buenos Aires (Argentina)	web: www.ices2019.org
XV Congreso Nacional de Psicología de la Act. Física y del Deporte	Zaragoza	web: www.psicologiadeporte.org
2020		
25th Annual Congress of the European College of Sport Science	1-4 Julio Sevilla	E-mail: office@sport-science.org
XXXVI Congreso Mundial de Medicina del Deporte	24-27 Septiembre Atenas (Grecia)	web: www.globalevents.gr
2021		
26th Annual Congress of the European College of Sport Science	7-10 Julio Glasgow (Reino Unido)	E-mail: office@sport-science.org

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

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. 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



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA