

Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte



ORIGINALES

Isokinetic performance of knee extensors and flexor muscles in adolescent basketball players

Effects of different automatic filters on the analysis of heart rate variability with Kubios HRV software

Exceso de peso corporal y calidad de vida relacionada con la salud de adolescentes latino-americanos

Análisis de la composición corporal empleando parámetros bioeléctricos en la población deportiva cubana

REVISIONES

Actividad electromiográfica (EMG) durante el pedaleo, su utilidad en el diagnóstico de la fatiga en ciclistas

Prevención de la muerte súbita por miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho en deportistas



**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.

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

Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

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

Director

Pedro Manonelles Marqueta

Editor

Miguel E. Del Valle Soto

Administración

M^o Ángeles Artázcoz Bárcena

Comité Editorial

Norbert Bachl. Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Ramón Balius 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
CATÓLICA 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(4) - Núm 180. Julio - Agosto 2017 / July - August 2017

Sumario / Summary

Editorial

Antioxidantes macromoleculares: importancia en salud y perspectivas
Macromolecular Antioxidants: Importance in Health and Perspectives

Fulgencio Saura Calixto 188

Originales / Original articles

Isokinetic performance of knee extensors and flexor muscles in adolescent basketball players

Valoración isocinética de los extensores y flexores de la rodilla de jugadores de baloncesto adolescentes

Leandro Viçosa Bonetti, Franciele Piazza, Camila Marini, Bruno Soldatelli Zardo, Gerson Saciloto Tadiello..... 191

Effects of different automatic filters on the analysis of heart rate variability with Kubios HRV software

Efecto de los diferentes filtros automáticos en el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca con el software Kubios HRV

Carmen Aranda, Blanca de la Cruz, Jose Naranjo 196

Exceso de peso corporal y calidad de vida relacionada con la salud de adolescentes latino-americanos

Overweight and health-related quality of life in Latin American adolescents

Dartagnan Pinto Guedes, Hermán Ariel Villagra Astudillo, José María Moya Morales, Juan del Campo Vecino,
Paulo Marcelo Pirolli, Raymundo Pires Júnior 201

Análisis de la composición corporal empleando parámetros bioeléctricos en la población deportiva cubana

Body composition analysis using bioelectrical parameters in Cuban sporting population

William Carvajal Veitia, Yanel Deturnell Campo, Ibis M. Echavarría García, Dianelis Aguilera Chavez, Lázaro R. Esposito Gutiérrez,
Antonio Cordova 207

Revisiones / Reviews

Actividad electromiográfica (EMG) durante el pedaleo, su utilidad en el diagnóstico de la fatiga en ciclistas

Electromiographic (EMG) activity during pedaling, its utility in the diagnosis of fatigue in cyclists

Alfredo Córdova, Iván Nuin, Diego Fernández-Lázaro, Ibán Latasa, Javier Rodríguez-Falces 217

Prevención de la muerte súbita por miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho en deportistas

Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. Prevention of sudden death in athletes

Franc Peris, José Poveda, Diego Oliver, Luis Franco, Francisco J. Rubio, Alfredo Valero 224

Libros / Books 234

Agenda / Agenda 242

Normas de publicación / Guidelines for authors 247

Antioxidantes macromoleculares: importancia en salud y perspectivas

Macromolecular Antioxidants: Importance in Health and Perspectives

Fulgencio Saura Calixto

Research Professor. Department of Metabolism and Nutrition. ICTAN-CSIC. Madrid.

Antioxidantes

Los antioxidantes son constituyentes de la dieta que tienen un papel esencial en la prevención de enfermedades crónicas (neurológicas, cardiovasculares, cáncer) y en procesos asociados al envejecimiento (resistencia insulínica, deterioro cognitivo, aumento de inflamación, engrosamiento de aorta, deterioro de la piel y otros).

Los antioxidantes de la dieta son una mezcla compleja de sustancias hidrofílicas y lipofílicas, compuesta principalmente por vitaminas (A, C, E), algunas decenas de carotenoides (beta caroteno, licopeno, luteína, zeaxantina...) y varios centenares de polifenoles (flavonoides, antocianinas, resveratrol, hidroxitirosol, quercetina, ácidos fenólicos). Se caracterizan por su capacidad para proteger de daños oxidativos a DNA, proteínas y lípidos, y para prevenir la patogénesis de numerosos factores de riesgo asociados a enfermedades crónicas (estrés oxidativo, inflamación, endotelio, hipertensión, hiperglicemia, dislipidemia). Sus mecanismos de acción son complejos, incluyendo eliminación de radicales libres, modulación de expresión génica, modulación de la microbiota colónica y fortalecimiento del sistema antioxidante endógeno.

La fuente natural de antioxidantes son los alimentos y bebidas de origen vegetal, cuyo consumo habitual y abundante aporta la cantidad y variedad de antioxidantes necesaria para mantener un adecuado estatus antioxidante. Debe tenerse en cuenta que los efectos positivos de los antioxidantes son consecuencia no de un antioxidante en particular, sino de la acción sinérgica y aditiva de vitaminas A, C y E y de un elevado número de carotenoides y polifenoles. Un buen status antioxidante contribuye significativamente a proteger la salud y conseguir un envejecimiento con calidad de vida.

Antioxidantes macromoleculares¹

La evidencia científica de los efectos en salud de los antioxidantes se ha establecido a través de la investigación biológica y médica centrada exclusivamente en los antioxidantes de bajo peso molecular mencionados anteriormente: (Vitaminas A, C y E, carotenoides y polifenoles).

Sin embargo, investigaciones recientes han encontrado que los alimentos vegetales, además de antioxidantes de pequeño tamaño molecular (Am), contienen cantidades abundantes de otro tipo de antioxidantes de estructura polimérica y elevado peso molecular, denominados antioxidantes macromoleculares (AM). Son proantocianidinas y taninos hidrolizables de alto peso molecular y estructuras poliméricas constituidas por antioxidantes polifenólicos y carotenoides de bajo peso molecular unidos a polisacáridos y proteínas. El que los AM hayan sido ignorados hasta ahora se debe a que no es posible extraerlos del material vegetal con las tecnologías que se emplean actualmente y porque, además, no son detectados por los métodos usuales de análisis de antioxidantes. Por ello la comunidad científica ha centrado la investigación exclusivamente en Am, ignorando los AM. No obstante, nosotros ingerimos diariamente cantidades significativas de Am y AM.

Cabe señalar que la ingesta diaria de antioxidantes macromoleculares (AM) en nuestra dieta habitual es superior a la de los antioxidantes de bajo peso molecular (Am). Por ello es muy posible que en todos los efectos en salud actualmente atribuidos exclusivamente a los Am exista una contribución importante, y tal vez mayoritaria, de los AM.

Los antioxidantes macromoleculares tienen una elevada actividad biológica y antioxidante y su mayor tamaño les confiere algunas características fisiológicas y mecanismos de acción específicos, que les diferencia de los antioxidantes de bajo peso molecular.

La mayor parte de los Am son absorbidos en el intestino delgado durante la digestión y llegan a sangre entre 0,5 y 2 horas después de su ingesta, donde producen un incremento de estatus antioxidante (concentración de antioxidantes en sangre) y desde donde son distribuidos a células y órganos diana. Por el contrario, los AM atraviesan intactos el proceso digestivo y llegan al colon donde interactúan con la microbiota colónica en un proceso fermentativo que rompe las macromoléculas y que da lugar a un elevado estatus antioxidante intestinal y a la producción de metabolitos antioxidantes. Estos metabolitos se absorben a través de la mucosa colónica y llegan al torrente sanguíneo alrededor de ocho horas después de su ingestión, siendo distribuidos a células y tejidos donde pueden ejercer efectos sistémicos. Ello indica que

Correspondencia: Fulgencio Saura Calixto

E-mail: E-mail: fsaura@ictan.csic.es

los AM pueden aumentar y prolongar el estatus antioxidante y aumentar los efectos en salud relacionados con los antioxidantes de la dieta.

Se han llevado a cabo diversos ensayos biológicos, experimentación animal y estudios clínicos, obteniendo resultados positivos que indican que los antioxidantes macromoleculares pueden tener un papel muy importante en salud gastrointestinal derivados del incremento de estatus antioxidante - especialmente en relación con prevención de cáncer de colon - y en protección frente a diversos factores de riesgo de enfermedades crónicas debido a los metabolitos absorbidos a través de la mucosa colónica.

Las publicaciones derivadas de esta investigación han tenido una alta repercusión, especialmente en los últimos años, como muestran el elevado número de referencias y los reconocidos indicadores de impacto de la investigación publicados en la *Web of Science* (WOS).

La investigación actual se centra en el desarrollo de ensayos clínicos para estudiar el posible efecto de los antioxidantes macromoleculares en la prevención del síndrome metabólico. Este síndrome es uno de los mayores problemas de salud pública y se presenta en personas que tienen varios de los factores de riesgo más comunes en los países occidentales (hipertensión, obesidad, hiperglicemia, obesidad abdominal, hipercolesterolemia).

No obstante, son estudios preliminares que requieren un gran incremento de investigación a nivel nacional e internacional para su consolidación. Hemos de tener en cuenta que la evidencia científica de los efectos de antioxidantes de bajo peso molecular se ha establecido por centenares de grupos de investigación a lo largo de un siglo de investigación - e incluso ha sido distinguida con varios premios Nobel - mientras que todavía es muy escaso el número de grupos de investigación trabajando en antioxidantes macromoleculares.

El incremento del número de investigadores en este campo, junto con los extraordinarios avances en metodologías experimentales y equipos tecnológicos, puede permitir el establecimiento de un conocimiento

completo de las propiedades y efectos en salud de los antioxidantes macromoleculares en pocos años.

También se están realizando estudios tecnológicos para la obtención de antioxidantes macromoleculares y de sus aplicaciones como nuevo tipo de ingrediente para las industrias alimentaria y farmacéutica. De hecho ya existe e algún producto con AM en el mercado internacional.

Perspectivas en nutrición y medicina deportiva

Existen un creciente mercado de suplementos antioxidantes para prevenir los daños musculares derivados del ejercicio intenso de los deportistas, producidos por radicales libres e inflamación y que se prolongan días después de entrenamientos o competiciones. Los suplementos más usados son bebidas o productos ricos en polifenoles de bajo peso molecular (Am), obtenidos de frutas o hierbas (arándanos, granada, jengibre, té verde, etc).

La incorporación de AM en medicina deportiva permitiría una ingesta más completa y equilibrada de antioxidantes, actualmente enfocada exclusivamente en Am. De ello podrían esperarse algunos efectos positivos en salud o bienestar general y en protección de daño muscular derivados de las características específicas de los AM, comentadas anteriormente: acción antioxidante más prolongada en el tiempo y fortalecimiento de la salud intestinal resultante debido a su interacción con la microbiota colónica.

Bibliografía

1. Importance of macromolecular antioxidants in human nutrition and health. F. Saura-Calixto, Editor. Royal Society of Chemistry, UK (in press, to be published at January 2018).

Analizador Instantáneo de Lactato Lactate Pro 2

аркгау
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

Isokinetic performance of knee extensors and flexor muscles in adolescent basketball players

Leandro Viçosa Bonetti, Franciele Piazza, Camila Marini, Bruno Soldatelli Zardo, Gerson Saciloto Tadiello

Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil.

Recibido: 19.10.2016

Aceptado: 19.12.2016

Summary

Background: Basketball is one of the most popular and most practiced sports in the world, being played by 450 million people worldwide, and the knee is the most commonly injured region of the body involving adolescent male basketball players. Isokinetic dynamometry is generally considered the best protocol for dynamic strength measurements, which are important for preventing musculoskeletal injuries. Therefore, the objective of the present study was to analyze the muscular performance, the unilateral differences and relationships between the knee extensor and flexor muscles in adolescent male basketball players.

Method: The information provided by database concerning the isokinetic evaluation of the knee extensor and flexor muscles from 21 male basketball players under the age of 15 were analyzed. The isokinetic dynamometer was used in a concentric-concentric mode for the knee extensor and flexor muscles at angular velocities of 60°/s, 120°/s, 180°/s, and 240°/s.

Results: The results demonstrated no statistically significant differences between the dominant limb and the nondominant limb at the considered velocities, whether for mean peak torque values or for the flexor/extensor ratio. Another important result showed flexor/extensor ratios within normal values for knee joints.

Conclusions: This study demonstrated that lower-limb dominance does not interfere in the muscular concentric isokinetic performance of the knee extensor and flexor muscles in adolescent male basketball players. We believe that the short time spent in basketball's practice (mean time was 2.46 years) appears to be responsible for these results because the adolescent athletes evaluated in this study did not show differences between limbs, in contrast to studies involving older male basketball players.

Key words:

Muscle strength. Knee. Basketball.

Valoración isocinética de los extensores y flexores de la rodilla de jugadores de baloncesto adolescentes

Resumen

Introducción: El baloncesto es uno de los deportes más populares y más practicado en el mundo, siendo jugado por 450 millones de personas alrededor del mundo. La rodilla es la región del cuerpo más comúnmente lesionada en jugadores de baloncesto adolescentes. La dinamometría isocinética es generalmente considerado el mejor protocolo para medir la fuerza dinámica, que es importante en la prevención de lesiones musculoesqueléticas así como para el seguimiento del entrenamiento deportivo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar el rendimiento muscular, las diferencias unilaterales y relaciones entre los músculos extensores y flexores de rodilla de jugadores de baloncesto adolescentes.

Métodos: Se analizó la información de una base de datos en la evaluación isocinética de los músculos extensores y flexores de rodilla de 21 atletas de baloncesto masculino menores de 15 años. El dinamómetro isocinético fue utilizado en modo concéntrico-concéntrico para los músculos flexores y extensores de la rodilla en las velocidades angular de 60°/s, 120°/s, 180°/s y 240°/s.

Resultados: Los resultados no mostraron ninguna diferencia estadísticamente significativa entre el miembro dominante y el miembro no dominante en las velocidades consideradas, tanto para los valores promedio de los pico torque, como para la relación flexores/extensores. Otro resultado importante es que la ratio flexores/extensores mostro valores normales para la articulación de la rodilla de nuestros deportistas.

Conclusiones: El estudio ha demostrado que no hay diferencias entre la extremidad dominante y la no dominante en los valores obtenidos de fuerza isocinética concéntrica de los extensores y flexores de la rodilla de los jugadores de baloncesto adolescentes. Creemos que el poco tiempo empleado en la práctica de baloncesto (el tiempo medio fue de 2,46 años) parece ser responsable de estos resultados, dado que los atletas adolescentes evaluados en este estudio no mostraron diferencias entre los miembros, en contraste con estudios realizados en atletas mayores de baloncesto.

Palabras clave:

Fuerza muscular. Rodilla. Baloncesto.

Correspondencia: Leandro Viçosa Bonetti

E-mail: leandrovbbonetti@gmail.com

Introduction

Basketball is one of the most popular and most practiced sports around the world, being played by 450 million people worldwide¹. This sport is characterized by sprinting, changes of direction, lateral movement, jumping, and landing² as well as repetitive motor actions and excessive-joint load³. The large number of injuries in basketball players is linked to running, rapid shifts of movement, and jumping^{4,5}. Children and adolescents may be particularly at risk because of their improper technique, poor proprioception, muscle weakness⁶, and high volume of intensive training⁷. Since the basketball has explosive actions (such as sprints, jumps and innings), knee flexors/extensors force indexes (flexors/extensors ratio or hamstrings/quadriceps ratio) based on the rate of torque development may be useful in assessing joint stability.

Ligament sprains are the most common injury on children⁶⁻⁸ and adolescent^{6,7,9,10} basketball players, and the knee is the most commonly injured region on their bodies¹⁰⁻¹⁴. This occurs mainly because the demands on the knee from specific sports practices cause specific muscular adaptations and, consequently, imbalances in strength that affect the joint¹⁵. The quadriceps femoral muscle plays a key role in performing jumps, whereas the hamstrings control running activity and stabilize the knee in situations that involve shifts of direction or attempting a turnover¹⁶.

One of the most active fields of sports medicine research is to determine proper muscular balance – important for preventing injuries – and to specify clear criteria for a return after an injury¹⁷. Isokinetic dynamometer technology is helping muscular behavior researchers by enabling them to investigate kinetic profiles on athletes. The evaluation of the muscular force is exerted dynamically, at a constant speed and in a certain range of movement. Through a well-structured protocol, it is possible to compare the assessed participants, their normative data, and the generated curves¹⁸. The results can be used to adjust training techniques in an attempt to prevent traumatic and overuse injuries¹⁹. Because of a lack of studies related to the evaluation of concentric isokinetic parameters, new research is therefore necessary on a national level regarding adolescent male basketball players. Therefore, the main objective of the present study was to use information from a database to analyse the muscular performance and the unilateral differences and relationships between the knee extensor and flexor muscles of the dominant and nondominant limbs in adolescent basketball players.

Material and method

This is a quantitative, cross-sectional, and retrospective study conducted at the Instituto de Medicina do Esporte e Ciências Aplicadas ao Movimento Humano of the University of Caxias do Sul (IME-UCS), in the city of Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. It has been approved (protocol number 967.527) by the Ethical Research Committee of the Faculdade Cenecista Bento Gonçalves (Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brazil) and conducted according to the 2012 Law N 466 of the National Health Council, which approves the guidelines and rules for research involving human beings.

The information provided by the IME-UCS database concerning the concentric isokinetic evaluation of the knee extensor and flexor muscles from 21 male basketball players under age 15 from a local team were part of this study sample. The number of participants was conveniently established and, therefore, determined intentionally and not by probability according to the number of available evaluations in the IME-UCS database. Furthermore, were included evaluations with paternal informed consent of the risks associated with the experimental procedures; which the respective IME-UCS consent term had been authorized by their responsible and by the athletes and athletes with more than 2 years of basketball practice. Were excluded athletes that had the last training on the same day of the test and athletes who reported injuries of lower limbs or acute illness that could disturbed the evaluation.

A questionnaire regarding age, height, weight, dominance, practice time and prevalence of injuries was previously presented to the athletes. The mean age of the athletes was 14.35 years (± 0.81), mean height was 1.72 meters (± 0.61) and mean weight was 66.78 kilograms (± 12.36). With respect to dominance, 19 athletes reported a dominance of the right limb for game movements and only 2 reported dominance of the left limb and the mean time of basketball practice 2.46 years (± 1.10). Of all the players, 15 had not sustained injuries in the 45 days prior to the isokinetic evaluation, whereas 6 had suffered injuries both in practice and in competition, particularly involving the knee joints (meniscal and Osgood Schlatler injuries), calf (distension and contusion), ankle (sprain), and foot (fracture). It is also important to observe that only 4 athletes evaluated in the sample practiced regular muscular strengthening activities (weightlifting).

The evaluations were made with the institution's isokinetic dynamometer (Biodex System 4[®], Biodex Medical Systems, Shieley, New York, USA). The chosen samples were made between November 2014 and December 2014, in a concentric-concentric mode, for the knee's extensor and flexor muscles at angular velocities of 60°/s, 120°/s, 180°/s, and 240°/s. The athletes first underwent warmup exercises on a stationary bicycle for 8 min with no resistance at moderate velocity (70–80 rounds per minute)²⁰.

We believe that it is better to talk a little bit more about the velocity. The athletes were then leaded through the isokinetic dynamometer. The athletes sat on the dynamometer chair with their torsos leaning at 85°, stabilized with belts around the torso, pelvis, and thigh (1/3 distal) to avoid compensatory movements, with the motor axis aligned to the knee joint axis. Tests were first performed on the dominant limb (DL) and next on the nondominant limb (NDL). The athletes performed three sub-maximal repetitions and a previous maximal for each test on all four velocities to familiarize themselves with the procedures and warmup. Protocol during the test demanded 5, 10, 15, and 20 maximal repetitions of knee extension and flexion in concentric-concentric mode on an angular velocity of 60°/s, 120°/s, 180°/s, and 240°/s. A 1-minute rest period was set between evaluations of different velocities, and a 3-minute rest period between DL and NDL evaluations. The athletes were tested by the same examiner with the use of verbal incentives to stimulate them throughout the process and to encourage the maximum use of their strength potential.

Isokinetic variables – peak torque (PT, N/m) to know the function and the flexor/extensor ratio (%) to detect possible deficits of strength and muscular imbalances – were used for the analysis. The means values for PT and the flexor/extensor ratio for the knee joint musculature were evaluated statistically on the SPSS 17.0 software (Statistical Package to Social Science for Windows). To verify the normality of the data distribution, the Shapiro-Wilk test was used, and the mean values for the DL and NDL evaluations were submitted to Student's t test with a resultant level of significance of 0.05.

Results

The concentric isokinetic data results of the PT of the DL and NDL are presented in Table 1. At an angular velocity of 60°/s, 120°/s, 180°/s, and 240°/s, the average values for PT knee extensor and flexor muscles showed no significant differences between the limbs.

Table 2 shows that there was no significant difference between the DL and NDL average value results of the flexor/extensor ratio for the angular velocities of 60°/s, 120°/s, 180°/s, and 240°/s. No relevant disparity was observed on any of the four evaluated velocities for either the DL or the NDL.

Discussion

Isokinetic testing provides precise evaluation of muscle performance. Nevertheless, for the basketball athletes' evaluation, the fixation of the axes limits the evaluation of a real functional gesture, since in the basketball gestures includes several axes. This sport has explosive ac-

tions (such as sprints, jumps and innings), for which good joint stability is desirable. Despite this, the isokinetic dynamometer is very useful for the comparison between the limb strength and the agonistic and antagonistic balance relationship during concentric muscle contraction^{19,20}. Over the years, several works concerning a broad set of sports studied the bilateral muscle imbalance and the agonistic and antagonistic ratio (flexor/extensor ratios) of knee joints to provide data about the correct muscular balance of such joints. However, studies on adolescent basketball players specifically are uncommon even though the participants are more vulnerable to the injuries caused by the precocious practice of the sport, are still undergoing neurobiological maturation and growth spurts, and are inserted in a competitive and selective scenario. As several previous studies had already reported, musculoskeletal injuries before isokinetic evaluations demonstrated that the knee was the most commonly injured region¹⁰⁻¹⁴. According to Louw *et al.*²¹, the prevalence of such knee injuries is due to the poor landing mechanism once it is a task that demands good coordination, dynamic muscular control, and flexibility, especially for teenagers whose capabilities are not fully matured. This result indicated that isokinetic evaluation is important for adolescent basketball players and highlights the risk for those injuries and for the optimization of the training process²².

According to isokinetic analysis, the results of this study were in agreement with those of others adolescent basketball isokinetic studies, demonstrating that at low velocities there are higher PT than at high velocities²³⁻²⁶. The evaluations of the muscular PT at low velocities (60°/s) represent the strength capacity a muscle has, whereas high velocities show their muscular potential²⁶. By considering both velocities, many times the observation of athletes' muscular performance is better at high velocities because they are equivalent to the sport's practice. The

Table 1. Mean standard deviation values for PT of the extensor and flexor musculatures of the dominant limb and the knee of the non-dominant limb.

Angular velocities	PT knee extensors (N/m)			PT knee flexors (N/m)		
	DL	NDL	p	DL	NDL	p
60°/s	138.37 (±47.20)	139.20 (±49.73)	0.83	76.29 (±22.18)	76.12 (±22.80)	0.92
120°/s	143.62 (±31.93)	141.97 (±30.53)	0.58	73.40 (±18.57)	75.63 (±18.95)	0.09
180°/s	123.69 (±28.38)	121.90 (±29.54)	0.51	70.60 (±17.38)	67.35 (±20.38)	0.10
240°/s	106.22 (±25.20)	103.44 (±25.19)	0.33	62.56 (±14.37)	63.31 (±18.17)	0.70

DL: dominant limb; NDL: non-dominant limb; PT: peak torque.

Table 2. Mean and standard deviation values for the flexor/extensor ratio of the dominant limb and the knee of the nondominant limb.

Angular velocities	Flexor/extensor ratio (%)		
	DL	NDL	p
60°/s	56.45 (±8.78)	56.64 (±10.91)	0.92
120°/s	55.87 (±9.15)	54.29 (±11.60)	0.41
180°/s	57.94 (±10.51)	56.28 (±14.64)	0.42
240°/s	59.77 (±10.02)	62.10 (±12.83)	0.31

DL: dominant limb; NDL: non-dominant limb.

comparison between DL and NDL showed no significant differences in the mean PT values for the extensor and flexor musculature and in the flexor/extensor ratios. Other studies demonstrated that bilateral asymmetry did not exist in the knee muscle performance of adolescent male basketball players^{24,26}, whereas bilateral asymmetry was seen in older male basketball players^{18,26-30}. Dominance of one limb over the other is a controversial subject³⁰. Dominance may be directly associated with the characteristics of each sport, and muscular imbalances may occur when analyzing the flexor and extensor groups bilaterally; however, when considering DL and NDL, strength values of less than 10% are considered normal, and a percentage higher than that indicates a deficit. Many sports require unilateral action during such movements as jumping and changing direction and these movements can develop asymmetric neuromuscular adaptations in the lower extremities³¹. These movements can induce a marked increase in strength on the dominant limb and, consequently, a bilateral difference with the nondominant limb³⁰. However, basketball is a sport that requires bilateralism, and bilateral training focuses on training both limbs equally. Consequently, there is a bilateral motor increment. However, the significant differences between limbs in older basketball players can be explained by unilateral jumping over the years^{18,31}, whereas Schiltz *et al.*¹⁸ claimed that even after years of intense basketball practice, the preferential use of a lower limb for jumping did not induce a bilateral muscle imbalance of the knee. Rosene *et al.*²³ justify that during adolescent athlete training, for the most part, the specific loads upon the lower limbs are sufficient to maintain similar strength on both sides, even unilateral sports like volleyball¹⁶ and soccer³². The synergistic action of the involved muscle groups (flexors and extensors of the knee) is necessary for standing, since all activity in load supposes a proportional increase of the force of the agonist-antagonist pair. We really believe that the short time of basketball practice (the mean time of basketball practice was 2.46 years) may help to explain the similar results between the DL and NDL. The comparison between the limbs is extremely important because it provides insights related to injury prevention, performance, and rehabilitation³³. Previous studies have linked bilateral strength imbalance with a great risk of injury in basketball players³³ and the most appropriate strategy for reducing the injury risk is the identification and understanding the muscular performance³⁴. If not identified, the bilateral limb imbalance can affect the athletic performance³⁴ through the changes in the biomechanical of movement and posture³⁵.

In relation to knee joint flexor/extensor ratio analysis, no significant differences were observed between DL and NDL, and its mean values vary very little from one to the other. Studies by Buchanan and Vardaxis²⁴ and by Hadžić *et al.*²⁶ also demonstrated no flexor/extensor ratio differences between DL and NDL in young male basketball players. The evaluations of the knee's functional capacity and the knee joint's muscular balance are provided by the flexor/extensor ratio that, according to the studies, is approximately 60%^{36,37}. Santos *et al.*³⁸ state that values under this percentage, when in lower velocities, shall make the athlete more prone to developing some kind of injury. However, this study's results showed that, as velocities increased, so did the flexor/extensor ratio. Since the performance of the flexors are higher at medium-high velocities because of its greater percentage of muscular fibers type II than the extensors of the knee. During activities performed at high

velocities, muscular stability is crucial; at lower velocities, instability is actually well balanced, whereas compensation decreases as velocities increase. Knee's flexors and extensors strength indices (flexor/extensor ratio) based on the PT of the concentric contraction have traditionally been used to describe the possible destabilization of the knee joint. Most likely in the basketball practice, which has the explosive actions cited, analyze the flexor/extensor ratio in high velocities are interest in order to assess joint stability. Also of important is that imbalance in the flexor/extensor PT ratio is correlated with a greater incidence of lower-extremity injury³⁹ and is an important parameter for choosing the correct intervention by health professionals involved with the athletes³⁸. These results allow our group of athletes to insist on the need to strengthen the flexors muscles, since they do not reach 60% although they are close.

This study demonstrated that there are no differences between the mean DL and the NDL values for knee extensor and flexor PT and flexor/extensor ratios in adolescent basketball players, with the mean values obtained on the isokinetic evaluation being varied very little between both knees. This study also showed strength balance between flexor and extensor PT, demonstrated through the flexor/extensor ratio analysis. We believe that the time spent practicing appears (mean time was 2.46 years) to be responsible for these results because the adolescent athletes evaluated in this study did not show differences between limbs, unlike studies with older male basketball players. This study is important because there are few studies^{24,26} that evaluate adolescent male basketball players, male basketball players, and that ones, evaluates just, differently of our study that utilized 4 different angular velocities. Another important factor is that the literature do not present normal parameters for the most utilized velocities in different ages, sports practices and types of contractions and our study can collaborate with this lack of literature. Therefore, the absence of consensus related to athletes from different sports means that isokinetic studies concerning the specificities of basketball might provide a deeper and more complete muscular description of this selected population. However, we suggest that future studies should be conducted to expand knowledge related to isokinetic muscular function evaluation on adolescent male and female basketball players, using different angular velocities, and isokinetic eccentric and isometric contractions for a better knowledge of the muscular balance of the joints of the basketball athletes.

Bibliography

1. FIBA: International Basketball Federation. Presentation (Accessed September 28, 2016). Available on: http://www.fiba.com/presentation#|tab=element_2_1.
2. Dick R, Hertel J, Agel J, Marshall SW. Descriptive epidemiology of collegiate men's basketball injuries: National collegiate athletic association injury surveillance system, 1988-1909 through 2003-2004. *J Athl Train.* 2007;42(2):194-201.
3. Gaca AN. Basketball injuries in children. *Pediatr Radiol.* 2009;39(12):1275-85.
4. Dario BES, Barquilha G. Lesões esportivas: Um estudo com atletas do basquetebol bauruense. *Rev Bras Ciênc Esporte.* 2010;31(3):205-15.
5. Almeida Neto AF, Tonin JP, Navega MT. Caracterização de lesões desportivas no basquetebol. *Fisioter Mov.* 2013;26(2):361-8.
6. Cassas KJ, Cassettari-Wayhs A. Childhood and adolescent sports-related overuse injuries. *Am Fam Physician.* 2006;73(6):1014-22.
7. DiFiori JP, Benjamin HJ, Brenner JS, Gregory A, Jayanthi N, Landry GL, Luke A. Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine. *Clin J Sport Med.* 2014;24(1):3-20.

8. Randazzo C, Nelson NG, McKenzie LB. Basketball-related injuries in school-aged children and adolescents in 1997-2007. *Pediatrics*. 2010;126(4):727-33.
9. Borowski LA, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. The epidemiology of US high school basketball injuries, 2005-2007. *Am J Sports Med*. 2008;36(12):2328-35.
10. Darrow CJ, Collins CL, Yard EE, Comstock RD. Epidemiology of severe injuries among United States high school athletes. *Am J Sports Med*. 2009;37(9):1798-850.
11. Cumps E, Verhagen E, Meeusen R. Prospective epidemiological study of basketball injuries during one competitive season: ankle sprains and overuse knee injuries. *J Sports Sci Med*. 2007;6(2):204-11.
12. Flood L, Harrison JE. Epidemiology of basketball and netball injuries that resulted in hospital admission in Australia, 2000-2004. *Med J Aust*. 2009;190(2):87-90.
13. Newman JS, Newberg AH. Basketball injuries. *Rad Clinics North America*. 2010;48(6):1095-111.
14. Ito E, Iwamoto J, Azuma K, Matsumoto H. Sex-specific differences in injury types among basketball players. *Open Access J Sports Med*. 2015;6(1):1-6.
15. Leppänen M, Pasanen K, Kujala UM, Parkkari J. Overuse injuries in youth basketball and floorball. *Open Access J Sports Med*. 2015;6(1):173-9.
16. Bittencourt NFN, Amaral GM, Anjos MTS dos, D'Alessandro R, Silva AA, Fonseca ST. Avaliação muscular isocinética da articulação do joelho em atletas das seleções brasileiras infante e juvenil de voleibol masculino. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(6):331-6.
17. Weber FS, Silva BGC, Radaeli R, Paiva C, Pinto RS. Avaliação isocinética em jogadores de futebol profissional e comparação do desempenho entre as diferentes posições ocupadas no campo. *Rev Bras Med Esp*. 2010;16(4):264-8.
18. Schiltz M, Lehance C, Maquet D, Bury T, Crielaard JM, Croisier JL. Explosive strength imbalances in professional basketball players. *J Athl Train*. 2009;44(1):39-47.
19. Jones PA, Bampouras TM. A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *J Strength Cond Res*. 2010;24(6):1553-8.
20. Lockie RG, Schultz AB, Jeffriess MD, Callaghan SJ. The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi-directional speed. *Isokinet Exerc Sci*. 2012;20(1): 211-9.
21. Louw Q, Grimmer K, Vaughan C. Knee movement patterns of injured adolescent basketball players when landing from a jump: A case-control study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006;7(1):7-22.
22. Dervišević E, Hadžić V. Quadriceps and hamstrings strength in team sports: Basketball, football and volleyball. *Isokinet Exerc Sci*. 2012;20(4): 293-300.
23. Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings:quadriceps ratios in inter-collegiate athletes. *J Athl Training*. 2001;36(4):378-83.
24. Buchanan PA, Vardaxis VG. Sex-related and age-related differences in knee strength of basketball players ages 11-17 years. *J Athl Train*. 2003;38(3):231-7.
25. Gerodimos V, Mandou V, Zafeiridis A, Ioakimidis P. Isokinetic peak torque and hamstring/ quadriceps ratios in young basketball players. Effects of age, velocity, and contraction mode. *J Sports Med Phys Fitness*. 2003;43(4):444-52.
26. Hadžić V, Erčulj F, Bračić M, & Dervišević E. Bilateral concentric and eccentric isokinetic strength evaluation of quadriceps and hamstrings in basketball players. *Coll Antropol*. 2013;37(3):859-65.
27. Bradic A, Bradic J, Pasalic E, Markovic, G. Isokinetic leg strength profile of elite male basketball players. *JSCR*. 2009;23(4):1332-7.
28. Boone J, Bourgois J. Morphological and physiological profile of elite basketball players in Belgian. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013;8(6):630-8.
29. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, Jajtner AR, Scanlon T, Rogowski J, et al. Bilateral differences in muscle architecture and increased rate of injury in national basketball association players. *J Athl Train*. 2014;49(6):794-9.
30. Teixeira J, Carvalho P, Moreira C, Carneiro A, Santos R. Muscle strength assessment of knee flexors and extensors. Comparative study between basketball, football, handball and volleyball athletes. *Int J Sports Sci*. 2015;5(5):192-200.
31. Menzel HJ, Chagas MH, Szmuchrowski LA, Araujo SR, de Andrade AG, de Jesus-Moraleida FR. Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2013;27(5):1370-7.
32. Lehnert M, Urban J, Procházka JH, Psotta R. Isokinetic strength of knee flexors and extensors of adolescent soccer players and its changes based on movement speed and age. *Acta Univ Palacki Olomuc, Gymn*. 2011;41(2): 45-53.
33. Fort-Vanmeerhaeghe A, Gual G, Romero-Rodriguez D, Unnitha V. Lower limb neuromuscular asymmetry in volleyball and basketball players. *J Human Kinetics*. 2016;50(1): 135-43.
34. Young WB, James R, Montgomery I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness*. 2002;42(3):282-8.
35. Rahnama N, Lees A, Bambaecchi E. Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*. 2005;48(11-14):1568-75.
36. Dauty M, Potiron-Josse M, Rochcongar P. Identification of previous hamstring muscle injury by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer player. *Isokinet Exerc Sci*. 2003;11(3):139-44.
37. Wilkerson G, Colston M, Short NI, Neal KL, Hoewischer PE, Pixley JJ. Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump training program. *J Athlete Training*. 2004;39(1):17-23.
38. Santos HH, Ávila MA, Hanashiro DN, Camargo PR, Salvini TF. Efeitos do treino isocinético excêntrico dos extensores do joelho sobre a razão isquiotibiais:quadríceps. *Rev Bras Med Esp*. 2010;20(3):227-32.
39. Cheung RT, Smith AW, Wong P. H:Q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. *J Hum Kinet*. 2012;33(1): 63-71.

Effects of different automatic filters on the analysis of heart rate variability with Kubios HRV software

Carmen Aranda¹, Blanca de la Cruz², Jose Naranjo¹

¹Department of Sport and Computing, Pablo de Olavide University, Seville. ²Department of Physical Therapy, University of Seville, Seville.

Recibido: 09.09.2016

Aceptado: 21.12.2016

Summary

Background and objective: Heart rate variability (HRV) can provide useful information on different physiological situations. The aim of this study was to analyse heart rate variability (HRV) indices following the application of different filters included in a widely used analysis program.

Material and method: 30 measurements were recorded of the heart rate signal of professional footballers. HRV was recorded in a sitting position, early morning and fasting. The HR monitor Firstbeat Bodyguard recorded HR data for 10 minutes during every measurement and Kubios® software imported and analysed all RR intervals. Each recording was analysed without a filter (none) and subsequently with each of the five different filters (very low=0.45 sec. low=0.35 sec. medium=0.25 sec. strong=0.15 sec. very strong=0.05 sec). The variables analysed pertained to time domain (standard deviation of RR intervals (SDNN), the square root of the mean of the squares of the differences between adjacent RR intervals (rMSSD) and the number of pairs of adjacent RR intervals that differ by over 50ms in the whole recording, divided by the total number of RR intervals and expressed as a percentage (pNN50)); frequency domain (high frequency HF, low frequency LF, very low frequency VLF, both in terms of power and peak frequency); the diameters of the Poincaré plot (SD1 and SD2); as well as the internal complexity of the signal, Detrended Fluctuation Analysis (α_1 and α_2) and approximate and sample entropy (ApEn and SampEn).

Results: A significant difference was only found for rMSSD, pNN50, LF power and HF power and SD1 when comparing the analysis of the no filter recording with the very strong filter.

Conclusion: The filtering system provided by the Kubios® software to treat the artefacts did not affect the values of the HRV indices analysed, except when the "very strong" filter was applied.

Key words:

Heart rate variability. Filter system. Kubios®.

Efecto de los diferentes filtros automáticos en el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca con el software Kubios HRV

Resumen

Introducción y objetivo: La Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC) puede proporcionar información útil sobre diferentes situaciones fisiológicas. El objetivo de este estudio fue analizar los índices de variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) tras la aplicación de diferentes filtros incluidos en un programa de análisis utilizado.

Material y método: Se registraron 30 mediciones de la señal del ritmo cardiaco, pertenecientes a futbolistas profesionales. La VFC se registró en una posición sentada, por la mañana y en ayunas. Se realizó un registro de 10 min de duración con el monitor de ritmo cardiaco Firstbeat Bodyguard y todos las series de intervalos RR fue importada y analizada con el software Kubios®. Cada serie de tiempo se analizó sin un filtro (ninguno) y posteriormente con cada uno de los cinco filtros diferentes (Muy bajo = 0,45 seg. Bajo = 0,35 seg. Medio = 0,25 seg. Fuerte = 0,15 seg. = Muy fuerte 0,05 seg). Las variables analizadas pertenecen al dominio de tiempo (desviación estándar de los intervalos RR (SDNN), la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las diferencias entre intervalos adyacentes RR (rMSSD) y el número de pares de intervalos RR adyacentes que difieren en más de 50 ms en toda la grabación, dividido por el número total de intervalos RR y expresada como un porcentaje (pNN50)); al dominio de la frecuencia (HF: alta frecuencia, LF: baja frecuencia y VLF: muy baja frecuencia, tanto en términos de potencia y la frecuencia de pico); los diámetros del gráfico de Poincaré (SD1 y SD2); así como la complejidad interna de la señal, con el análisis de la fluctuaciones sin tendencias (α_1 y α_2) y entropía aproximada y muestral (ApEn y SampEn).

Resultados: Se encontró sólo diferencia significativa en rMSSD, pNN50, HF y LF en términos de potencia y SD1 cuando se compararon los registros al aplicar el filtro muy fuerte con sin filtro.

Conclusión: El sistema de filtrado proporcionada por el software Kubios® para tratar los artefactos no afectó a los valores de los índices de VFC analizados, excepto cuando se aplicó el filtro "muy fuerte".

Palabras clave:

Variabilidad de la frecuencia cardiaca. Sistema de filtro. Kubios®.

Correspondencia: Blanca de la Cruz

E-mail: bcruz@us.es

Introduction

Heart rate variability (HRV) is the variation that occurs in the series of time interval measured between two consecutive heartbeats (RR interval)^{1,2}. HRV is a non-invasive method that enables us to evaluate the interaction between the sympathetic and parasympathetic nervous system, reflecting the heart's capacity to adapt to changing physiological conditions. In fact, a lower HRV indicates a predominance of sympathetic activity and an augmented HRV indicates a predominance of parasympathetic activity on the sino-auricular (SA) node¹.

HRV has been widely studied in cardiac patients^{1,3-6} as well as athletes^{7,8}, among other areas. Different devices have been used for this purpose, from a holter to different heart rate monitors. In many cases, however, it is hard to get a good HRV measurement owing to the appearance of artefacts in the signal. This could be caused by technical factors (including missed beats) or by the appearance of ectopic beats. Technical causes can pertain to poor placement of the electrodes during measurement or to the movement of the subject during the test, particularly during long recordings or when the subject is asleep. Ectopic beats can be normal and relatively common in healthy subjects^{1,9}.

For some authors, the presence of ectopic beats can modify the values of the HRV indices by up to 50% of the final results⁹. Hence, artefacts in the signal must be treated following HRV measurement in order to obtain suitable results^{10,11}. Many methods and algorithms for editing or correcting dubious R-R intervals have been developed and evaluated. Some of the common artifact correction and editing techniques involve deletion, interpolation of degree zero, interpolation of degree one (linear interpolation), and cubic spline interpolation. Interpolation methods replace the non-normal R-R intervals with new interpolated R-R intervals. Unlike the deletion method, interpolation methods preserve the initial number of samples. Most interpolation methods can be considered to serve as low-pass filters with different filtering capacities. Interpolation of degree zero substitutes the abnormal R-R intervals with an average value that is computed from the neighbouring normal R-R intervals. In interpolation of degree one, called linear interpolation, a straight line is fitted over the abnormal R-R intervals to obtain new values. One popular spline interpolation method is a cubic spline interpolation, where smooth curves are estimated through a number of data points by fitting a third degree polynomial. It has been recommended to use interpolation methods when R-R interval time series contain occasional ectopic beats and artefacts. This especially concerns the power spectrum HR variability analysis¹². In addition, several other methods have been proposed for artefact correction such as comparing and merging method¹³, the predictive autocorrelation method¹⁴, non-linear predictive interpolation¹⁵, exclusion of R-R interval segments with divergent duration^{16,17}, impulse rejection¹⁸, the integral pulse frequency model^{19,20}, the sliding window average filter²¹, non-linear filtering combined with wavelet based trend removal²², and threshold filtering also with wavelet based trend removal²³.

Some studies have compared the impact of editing methods on the results of HRV analysis^{8,14,15,24-27}. However, although these studies yield different results depending on the type of study, the message was the same: filtering methods affect HRV analysis. The differences between the results could be attributable to the type of study population used, the

length of the R-R interval time series, the editing method, the number of samples edited, etc.

Furthermore, there is an increasingly widespread use of commercial software that by default previously filters the signal without the user knowing exactly what has been done, or in the best case scenario, software that allows the user to apply different types of filter discretely. Anyway, automatic filters that exclude some intervals from the original RR sequence should not replace manual editing because they are known to behave unsatisfactorily and to have undesirable effects leading potentially to errors.

Moreover, in commercial software that offer the possibility of choosing different filter levels, this choice is subjective by the examiner. Therefore, given a specific number of artifacts, we do not know if the result would be the same if the time series is subjected to a type of filter or other. This is what happens to Kubios, one of the commercial programs more often are being used in recent times in the analysis of HRV. It offers five levels of filtering that users will choose based on their inspection of the track.

The aim of this study was to analyse HRV indices for a group of athletes in all the domains following the application of different filters included in a commonly used analysis software.

Material and method

Study samples

30 heart rate signal recordings were analysed, belonging to high level professional athletes (aged 25.22 ± 3.41 years old; weight 74.42 ± 7.31 Kg; height 178.85 ± 7.83 cm). The Local Ethics Board approved the study, which followed all the principles set out in the Declaration of Helsinki. All subjects signed an informed written consent to participate in this study.

Method

HRV was recorded along 10 minutes in a sitting position, early morning and fasting. The subjects were seated for 10 minutes before recording to explain the conditions. They were asked to remain in the same position without speaking during the recording time.

The HR monitor Firstbeat Bodyguard (Firstbeat Technologies; Jyväskylä, Finland) recorded HR data for 10 minutes during each recording. This two channel monitor acquires RR intervals with 1 ms resolution and a sampling rate of 256 Hz. Firstbeat Uploader (Firstbeat Technologies; Jyväskylä, Finland) software downloaded the data from the devices to the computer and Kubios® software²⁸ (Kubios HRV. 2.1, Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finland) imported and analysed all RR series. Following the manufacturer's instructions in order to avoid the interference of artefacts, the time series were manually checked for artefacts before the analysis^{28,29}.

Kubios® (Finland) is a widely used free software for HRV analysis and it includes artefact correction options that can be used to correct artefacts from a corrupted RR interval series^{28,29}. The user can select between very low, low, medium, strong, and very strong correction levels. In addition, a custom level in seconds can be set. The different correction levels define thresholds (very low=0.45 sec, low=0.35 sec,

medium=0.25 sec, strong=0.15 sec, very strong=0.05 sec) for detecting RR intervals differing “abnormally” from the local average RR interval. For example, the “medium” correction level will identify all RR intervals that are larger/smaller than 0.25 seconds compared to the local average. Furthermore, the above correction thresholds are for 60 beats/min heart rate; for higher heart rates the thresholds are smaller (because the variability is expected to decrease when HR increases). The corrections to be made on the RR series are displayed on the RR interval axis. A piecewise cubic spline interpolation method is used in the corrections²⁸.

Each recording was analysed without a filter (none) and then subsequently with each of the five different filters (very low, low, medium, strong and very strong).

The variables analysed were: in the time domain¹, the standard deviation of RR intervals (SDNN), the square root of the mean of the squares of the differences between adjacent RR intervals (rMSSD) and the number of pairs of adjacent RR intervals that differ by over 50ms in the whole recording, divided by the total number of RR intervals and expressed as a percentage (pNN50). In the frequency domain¹, high frequency (HF: 0.15-0.4 Hz), along with low frequency (LF: 0.04-0.15 Hz) and very low frequency (VLF: 0.0033-0.04 Hz) oscillations were analysed both in terms of power (ms²) and peak frequency (Hz). In terms of the Poincaré graph³⁰, the longitudinal (SD2) and transversal (SD1)³¹ axes were analysed. To study the complex structure of the signal, two tools were used. Firstly, a Detrended Fluctuation Analysis (DFA)^{32,33} was conducted, measuring the correlation between data at different time scales through short and long term fluctuations that are characterised by slopes α_1 and α_2 , respectively. And secondly, the irregularity of the signal was measured by means of approximate entropy (ApEn)³⁴ and sample entropy (SampEn)³⁵.

Statistical analysis

A descriptive study was carried out of all the variables, determining their average values and standard deviation. The normality of distributions was assessed with the Shapiro-Wilk test. The contrast of hypothesis was carried out with the test of Kruskal-Wallis for the non-normal variables (VLF, LF and HF, both in Hz and ms²) and a repeated measures ANOVA was used with the normal variables. The Bonferroni test was done as a test post-hoc and the significance threshold was set at $p < 0.05$.

Results

Table 1 shows the average values and standard deviations for the measurements taken with each of the filters (none; very low; low; medium; strong and very strong) for each of the HRV parameters analysed. Significant differences were only found for RMSSD, pNN50, power LF, power HF and SD1 when comparing the measurement taken without a filter to the very strong filter.

Table 2 shows the filter with which the first change is detected in each domain: Time Domain, Frequency Domain, Poincaré plot and Nonlinear values. Most subjects present changes with very low filter and no subject showed the first change with the VS filter. In other words,

no subject reached the very strong filter without the record showed a change in some variable.

Discussion

The main contribution made by this paper was that the use of a filtering system provided by the Kubios® software for the treatment of artefacts did not affect the values of the HRV indices when they are analysed in group, with the exception of when the “very strong” filter was applied. The variables obtained by means of non-linear analysis methods were not even altered by the strongest filter on the signal filtering system of this software.

In an ideal situation, HRV analysis is conducted with a series of RR intervals including only pure SA beats (NN interval). However, the series of RR intervals obtained on the basis of ECG recordings in ambulatory measurements or portable devices within the world of sport (heart rate monitors) are in most cases imperfect, so they are not without artefacts. However, when working with cardiac patients there can also be added alterations caused by cardiac arrhythmia that can be present in up to 90-95% of patients with acute myocardial infarction¹². Hence the importance of editing the RR series before analysing it, a task that is often missed when working quickly with commercial software. It is common engineering practice to resample the time series as well as the use of several smoothing models^{36,37}. For Buchheit⁸, the presence of a single ectopic beat during a 5-min recording can modify HRV indices by up to 50% and for Thuraishingham²² ectopic beats cause erroneously high values in the standard deviation of the R-R intervals (SDNN). Ectopic beats can be common events, especially among patients with cardiovascular disease, but they can also be present in healthy subjects¹². In addition to physiological artefacts, there can also be errors attributable to technical aspects when taking measurements or the software used to detect R-R artefacts. For example, the detection algorithm can be faulty if the R-R interval detection threshold is too low or too high. Therefore, artefacts and ectopic beats represent a problem that must be taken into account when measuring HRV since they could impact the reliability of the result. However, in general there is very little information about the filters used by different analysis software and the equations they apply.

This study found no significant modifications in the HRV measurements regardless of the filtering level used, with the exception of the very strong filter on the variables mentioned previously. This might be due to the use of measurements taken from top athletes, who present high variability that is probably less sensitive to the interpolations made for the filter. As for the changes observed when comparing the gross signal (no filter) with the very strong filter level, this could be due to the fact that the threshold established for this filtering level (0.05 s) is so demanding that what it actually does it intensely smoothes the signal that alters the results for some indices in the time and frequency domains, although without affecting the complex structure of the signal as demonstrated by the absence of changes in the non-linear parameters.

As can be seen in Table 1, the rMSSD is the only variable that apparently shows a progressive decrease of the mean values as the filtering intensity increases, although the difference is not significant until using the VS filter. All other variables have apparently stable mean values until reaching the VS filter where they show a large change that

Table 1. Average and standard deviation for each measurement and each of the filters.

	Filter	None	Very low	Low	Medium	Strong	Very strong
SDNN (ms)	Average	135.81	136.79	133.05	131.06	121.41	98.76
	SD	55.83	56.30	54.47	51.39	48.54	38.51
RMSSD (ms)	Average	96.98	90.55	84.44	76.09	59.90	25.76 (*)
	SD	56.42	49.70	43.63	36.13	23.43	4.96
pNN50 (%)	Average	39.50	39.96	39.83	39.01	33.91	5.53 (*)
	SD	22.33	22.07	22.04	21.51	18.05	3.12
VLF (Hz)	Average	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
LF (Hz)	Average	0.07	0.08	0.07	0.09	0.07	0.06
	SD	0.02	0.02	0.02	0.09	0.02	0.01
HF (Hz)	Average	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.25
	SD	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.38
VLF (ms ²)	Average	9,964.63	11,059.90	10,888.94	11,356.78	10,109.38	8,024.69
	SD	8,282.29	10,324.11	10,256.56	11,414.19	10,009.39	7,119.34
LF (ms ²)	Average	5,968.57	5,802.70	5,491.25	4,793.61	3,458.68	987.40(*)
	SD	4,625.82	4,265.79	3,935.40	2,998.78	2,037.96	389.75
HF (ms ²)	Average	2,853.30	2,585.98	2,304.20	1,829.54	1,023.63	117.95(*)
	SD	3,060.02	2,641.39	2,228.81	1,604.62	753.70	60.34
SD1	Average	69.24	64.10	59.76	53.85	40.62	18.23(*)
	SD	39.89	35.19	30.89	25.58	17.81	3.52
SD2	Average	178.12	181.55	179.56	176.73	165.69	138.11
	SD	70.82	73.31	72.95	69.32	67.95	54.75
DFA alpha 1	Average	1.19	1.22	1.25	1.27	1.31	1.55
	SD	0.25	0.23	0.21	0.19	0.19	0.11
DFA alpha 2	Average	0.99	1.00	1.00	0.99	1.07	1.26
	SD	0.10	0.10	0.10	0.20	0.11	0.14
ApEn	Average	1.15	1.16	1.16	1.16	1.14	0.82
	SD	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.18
SampEn	Average	1.29	1.30	1.31	1.32	1.29	0.80
	SD	0.26	0.26	0.27	0.28	0.28	0.22

Average values and standard deviation for each measurement and each of the filters (none; very low; low; medium; strong; very strong) for each of the HRV parameters analysed. (*) $p < 0.001$. ApEn, approximate entropy; SampEn, sample entropy; DFA, detrended fluctuation analysis; HF, high frequency; LF, low frequency; pNN50, number of pairs of adjacent RR intervals that differ by over 50ms in the whole recording, divided by the total number of RR intervals and expressed as a percentage; rMSSD, square root of the mean of the squares of the differences between adjacent RR intervals; SDNN: standard deviation of RR intervals; SD1: transversal diameter; SD2: longitudinal diameter; VLF: very low frequency.

in some variables becomes statistically significant. Although in each individual record a progressive reduction of HRV can be observed from the filter that causes the first change (Table 2), in a group analysis no significant change is evident until reaching the VS filter because each record corrects its artifacts with a different level of filtering, but none of them reaches the VS filter.

These results have an interesting application for those studies of athletes in which these variables are analyzed in group³⁸.

Sitting position is not standard for HRV analysis, although it is commonly used for short records in sports population^{6,38}. However, this can be neglected in this study since this is only data acquisition for further technical analysis.

The duration of recordings (10 minutes) is in accordance with the guidelines of the Task Force¹ which states that in studies researching HRV, the duration of recording is dictated by the nature of each investigation. In this case, our preoccupation was to provide enough data for nonlinear analysis and according to Pincus³⁴ N for ApEn should be between 100

and 900 data (for $m=2$). A 10 min recording contains about 600 data. For SampEn and DFA the N needed is similar^{39,40}.

Conclusions

In conclusion, there are no significant differences between the results obtained by subjecting a series of data taken from top athletes to the different filters provided by Kubios® software, except the strongest one.

Acknowledgment

This study has been conducted within the framework of the Research Project with reference TEC2013-48439-C4-4-R, which is part of the State Research, Development and Innovation Programme for the Challenges of Society and funded by the Spanish Ministry of Economics and Competitiveness.

Table 2. Filter that produced the first change.

Subject	Time domain	Frequency domain	Poincaré plot	Nonlinear variables	Total
1	VL	VL	VL	VL	VL
2	M	M	M	M	M
3	VL	VL	VL	VL	VL
4	VL	VL	VL	VL	VL
5	M	L	L	M	L
6	M	M	M	M	M
7	S	S	S	S	S
8	VL	VL	VL	VL	VL
9	VL	VL	VL	VL	VL
10	M	M	M	M	M
11	VL	VL	VL	VL	VL
12	VL	VL	VL	VL	VL
13	S	M	M	M	M
14	L	M	L	L	L
15	S	S	S	S	S
16	S	S	S	S	S
17	L	L	L	L	L
18	M	M	M	M	M
19	S	S	S	M	M
20	L	VL	L	VL	VL
21	VL	VL	VL	VL	VL
22	M	M	M	M	M
23	VL	VL	VL	VL	VL
24	VL	VL	VL	VL	VL
25	VL	VL	VL	VL	VL
26	VL	VL	VL	VL	VL
27	L	L	VL	VL	VL
28	VL	VL	VL	VL	VL
29	VL	VL	VL	VL	VL
30	VL	VL	L	VL	VL

Filter with which the first change is detected in Time Domain, Frequency Domain, Poincaré plot and Nonlinear variables (VL: very low; L: low; M: medium; S: strong). No subject showed the first change with the VS filter. The last column ("Total") shows the first filter with which the first change is observed in any variables.

Bibliography

- Task Force of ESC and NASPE. Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65.
- Kleiger RE, Stein PK, Bigger JT Jr. Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2005;10(1):88-101.
- De la Cruz B, López C, Naranjo J. Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise: a study in healthy people and cardiac patients. *Br J Sports Med*. 2008;42(9):715-20.
- De la Cruz B, Naranjo J. Multiscale time irreversibility of heartbeat at rest and during aerobic exercise. *Cardiovasc Eng*. 2010;10(1):1-4.
- Goldberger AL, Rigney DR, West BJ. Chaos and fractals in human physiology. *Sci Am*. 1990;262(2):42-9.
- Bachman TN, Bursic JJ, Simon MA, Champion HC. A Novel Acquisition Technique to Utilize Swan-Ganz Catheter data as a Surrogate for High-fidelity Micromanometry within the Right Ventricle and Pulmonary Circuit. *Cardiovasc Eng Technol*. 2013;4(2):183-91.
- Naranjo J, De la Cruz B, Sarabia E, Del Hoyo M, Domínguez-Cobo S. Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(4):452-7.
- Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Front Physiol*. 2014;5(73):1-19.
- Peltola MA. Role of editing of R-R intervals in the analysis of heart rate variability. *Front Physiol*. 2012;3(148):1-10.
- Kumaravel N, Santhi C. Nonlinear filters for preprocessing heart rate variability signals. *Int J Comp Sci Network Secur*. 2010;10:250-4.
- Colak OH. Preprocessing effects in time-frequency distributions and spectral analysis of heart rate variability. *Digit Signal Process*. 2009;19:731-9.
- Kamath MV, Fallen EL. Correction of heart rate variability signal for ectopics and missing beats. En: Malik M, Camm AJ. *Heart Rate Variability*. New York; 1995. 75-85.
- Cheung MN. Detection of and recovery from errors in cardiac interbeat intervals. *Psychophysiology* 1981;18:341-6.
- Albrecht P, Cohen RJ. Estimation of heart rate power spectrum bands from real-world data: dealing with ectopic beats and noisy data. *Comput Cardiol*. 1988;311-14.
- Lippman N, Stein KM, Lerm BB. Nonlinear predictive interpolation. A new method for the correction of ectopic beats for heart rate variability analysis. *J Electrocardiol*. 1993;26 (Suppl):14-9.
- Rottman JN, Steinman RC, Albrecht P, Bigger JT Jr, Rolnitzky LM, Fleiss JL. Efficient estimation of the heart period power spectrum suitable for physiologic or pharmacologic studies. *Am J Cardiol*. 1990;66:1522-4.
- Lombardi F, Sandrone G, Spinnler MT, Torzillo D, Lavezzaro GC, Brusca A, et al. Heart rate variability in the early hours of an acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1996A; 77:1037-44.
- McNames J, Thong T, Abov M. Impulse rejection filter for artifact removal in spectral analysis of biomedical signals. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2004;1:145-8.
- Mateo J, Laguna P. Analysis of heart rate variability in the presence of ectopic beats using the heart time signal. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2003;50:334-43
- Solem K, Laguna P, Sörnmo L. An efficient method for handling ectopic beats using the heart timing signal. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2006;53:13-20.
- Mietus JE. Time-Domain Measures: From Variance to pNNx 2006 (material electrónico) Consultado (08/04/2016) Disponible en: <http://www.physionet.org/events/hrv-2006/mietus-1.pdf>.
- Thuraisingham RA. Preprocessing RR interval time series for heart rate variability analysis and estimates of standard deviation of RR intervals. *Comput Methods Programs Biomed*. 2006;83:78-82.
- Lee MY, Yu SN. Improving discriminability in heart rate variability analysis using simple artifact and trend removal preprocessors. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2010;2010: 4574-7.
- Birkett CL, Kienzle MG, Myers GA. Interpolation over ectopic beats increases low frequency power in HRV spectra. *Comput Cardiol*. 1991;257-9.
- Salo M, Huikuri H, Seppänen T. Ectopic beats in heart rate variability analysis: effects of editing on time and frequency domain measures. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2001;6:5-17.
- Tarkiainen TH, Kuusela TA, Tahvanainen KU, Hartkainen JE, Tiittanen P, Timonen KL, et al. Comparison of methods for editing of ectopic beats in measurements of short-term non-linear heart rate dynamics. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2007;27:126-33.
- Sassi R, Mainardi LT. Editing RR series and computation of long-term scaling parameters. *Comput Cardiol*. 2008;35:565-8.
- Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV—heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed*. 2014;113(1):210-20.
- Tarvainen MP. Kubios HRV USER'S GUIDE (material electrónico) 2012 (Consultado 05/05/2016). Disponible es: http://kubios.ueff.fi/media/Kubios_HRV_2.1_Users_Guide.pdf.
- Kamen PW, Tonkin AM. Application of the Poincaré plot of heart rate variability: a new measure of functional status in heart failure. *Aust N Z J Med*. 1995;25:18-26.
- Brennan M, Palaniswami M, Kamen P. Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2001;48: 1342-47.
- Peng CK, Havlin S, Stanley H, Goldberger AL. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos*. 1995;5:82-7.
- Penzel T, Kantelhardt J, Grote L, Peter JH, Bunde A. Comparison of detrended fluctuation analysis and spectral analysis for heart rate variability in sleep and sleep apnea. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2003;50:1143-51.
- Pincus SM. Approximate entropy as a measure of system complexity. *Proc Natl Acad Sci*. 1991;88:2297-01.
- Richman JS, Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2000;278(6):2039-49.
- Eleuteri A, Fisher AC, Groves A, Dewhurst CJ. The Ornstein-Uhlenbeck third-order Gaussian process (OUGP) applied directly to the un-resampled heart rate variability (HRV) tachogram for detrending and low-pass filtering. *Med Biol Eng Comput*. 2012;50(7):737-42.
- Eleuteri A, Fisher AC, Groves D, Dewhurst CJ. An efficient time-varying filter for detrending and bandwidth limiting the heart rate variability tachogram without resampling: MATLAB open-source code and Internet web-based implementation. *Comput Math Methods Med*. 2012;2012:1-6.
- Naranjo J, De la Cruz B, Sarabia E, de Hoyo M, Domínguez-Cobo S. Heart rate variability: a follow-up in elite soccer players throughout the season. *Int J Sports Med*. 2015;36:881-6.
- Lake DE, Richman JS, Griffin MP, Moorman JR. Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2002;283(3):789-97.
- Govindan RB, Wilson JD, Preissl H, Eswaran H, Campbell JQ, Lowery CL. Detrended fluctuation analysis of short datasets: An application to fetal cardiac data. *Phys D: Nonlin Phenom*. 2007;226(1):23-31.

Exceso de peso corporal y calidad de vida relacionada con la salud de adolescentes latino-americanos

Dartagnan Pinto Guedes¹, Hermán Ariel Villagra Astudillo², José María Moya Morales², Juan del Campo Vecino², Paulo Marcelo Pirolli¹, Raymundo Pires Júnior¹

¹Centro de Investigación en Ciencias de la Salud. Universidad Norte do Paraná. Brasil. ²Departamento de Educación Física, Deporte y Motricidad Humana. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

Recibido: 25.05.2016
Aceptado: 23.12.2016

Resumen

El objetivo del estudio fue identificar diferencias en los componentes de la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) según el estado ponderal en una muestra de adolescentes de tres ciudades localizadas en Argentina, Brasil y Chile. Se aplicó el cuestionario *Kidscreen-52* a 1.357 adolescentes con edades comprendidas entre 12 y 17 años (48,6% chicos) en muestras seleccionadas en los tres países. El estado ponderal (eutrófico, sobrepeso y obesidad) fue definido mediante el índice de masa corporal, utilizándose los puntos de corte sugeridos por la *International Obesity Task Force*. Para establecer comparaciones entre los estratos formados, se utilizó el análisis de covarianza mediante el control de las puntuaciones asociadas a la ciudad/país de origen, sexo y edad. Considerando la totalidad de los adolescentes reunidos en el estudio, el 35,2% de las chicas y el 28,6% de los chicos presentaron exceso de peso corporal, de los cuales, 6,4% y el 4,7% respectivamente, mostraron ser obesos. Se observó aumento en las prevalencias de sobrepeso y obesidad con la edad, sobretudo en el grupo de los chicos. En comparación con los adolescentes eutróficos, los adolescentes obesos obtuvieron puntuaciones significativamente más comprometidas en los diez componentes de CVRS. Los adolescentes con sobrepeso mostraron valores significativamente menores que los adolescentes eutróficos en los componentes de *Bienestar Físico*, *Bienestar Psicológico*, *Estado de Ánimo y Emociones*, *Autopercepción*, *Amigos y Apoyo Social*, *Entorno Escolar* y *Rechazo Social/Bullying*. Además, en la comparación entre adolescentes con sobrepeso y obesos, las diferencias demostraron estadísticamente significativas para los componentes de *Bienestar Físico*, *Autopercepción* y *Rechazo Social/Bullying*. Por consiguiente, las evidencias encontradas apuntan hacia la importancia de monitorizar e intervenir en los componentes de CVRS relacionados con la propuesta de programas dirigidos a la reversión del sobrepeso/obesidad y al control del peso corporal.

Palabras clave:

Educación en salud.
Sobrepeso. Obesidad.
Salud del adolescente.
América Latina.

Overweight and health-related quality of life in Latin American adolescents

Summary

The purpose of the study was to identify differences in the components of health-related quality of life (HRQL) across weight status in samples of adolescents from three cities in Argentina, Brazil, and Chile. The *Kidscreen-52* questionnaire was administered to 1357 adolescents between 12 and 17 years of age (48.6% of them male) in selected samples in the three countries. To define the weight status (eutrophic, overweight, obesity) we used the gender-and-age-specific body mass index cut-offs recommended by the *International Obesity Task Force – IOFT*. Analysis of covariance was used to make comparisons between strata formed by controlling the scores associated with the city/country of origin, sex and age. Considering all adolescents in the study, 35.2% of girls and 28.6% of boys were overweight, of which 6.4% and 4.7%, respectively, showed to be obese. Magnitude of the prevalence increases with age, being these values more pronounced among the boys. Compared to eutrophic adolescents, the obese adolescents presented scores significantly more injured in the ten components of HRQL. The overweight adolescents showed significantly lower values than eutrophic adolescents in the components equivalent to *Physical Well-being*, *Psychological Well-being*, *Moods and Emotions*, *Self-Perceptions*, *Social Support and Peers*, *School Environment*, and *Social Acceptance/Bullying*. In addition, the comparison between overweight and obese adolescents showed statistically significant differences for the components of *Physical Well-being*, *Self-Perceptions*, and *Social Acceptance/Bullying*. Therefore the evidences found indicate to the importance of monitoring and intervening in HRQL components related to the proposed programs for the reversal of overweight/obesity and weight control.

Key words:

Health education.
Overweight. Obesity.
Adolescent health.
Latin America.

Correspondencia: Dartagnan Pinto Guedes
E-mail: darta@sercomtel.com.br

Introducción

En las últimas décadas la prevalencia de sobrepeso y obesidad en poblaciones jóvenes se está asumiendo ya como de carácter epidémico en todo el mundo¹. Aunque recientemente, en países más desarrollados se pueda identificar una tendencia de estabilización en la cantidad de jóvenes con exceso de peso corporal², en países latino-americanos los casos de niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad continua aumentando en proporción alarmante³. Datos disponibles en la literatura sugieren que actualmente entre 42,5 y 51,8 millones de jóvenes con edades hasta 19 años que viven en América Latina presentan sobrepeso o son obesos, lo que corresponde, aproximadamente, al 20-25% del total de esta población⁴.

El exceso de peso corporal tiene una repercusión inmediata para la salud metabólica de los jóvenes, como es el caso de la dislipidemia, hipertensión y la intolerancia a la glucosa, definiéndose, por tanto, el síndrome metabólico⁵. También tener un peso corporal más elevado, aumenta el riesgo de aparición y desarrollo de trastornos cardiovasculares, respiratorios, endocrinos, hepáticos, gastrointestinales, ortopédicos y neurológicos⁶. Otras consecuencias del sobrepeso y de la obesidad son de aspecto psicosocial, incluyéndose la baja autoestima, una autoimagen negativa, discriminación, estigmatización, exclusión social y depresión⁷. Aun todavía, se estima que dependiendo de la edad de inicio y de la magnitud del exceso de peso corporal, aproximadamente del 30% al 80% de los jóvenes con sobrepeso u obesos pueden convertirse en adultos obesos⁸.

Además de las comorbilidades y de las consecuencias psicosociales asociadas al exceso de peso corporal específicamente en edades precoces, con graves repercusiones presentes y futuras para los propios jóvenes, sus familiares y la sociedad en general, otro aspecto que viene llamando la atención a los investigadores de este ámbito, hace referencia a la influencia que la condición de sobrepeso/obesidad puede tener en relación a la percepción de los componentes de calidad de vida relacionada con la salud (CVRS). En este sentido, se ha admitido que la relación entre sobrepeso/obesidad y el eventual deterioro de la CVRS está suficientemente establecida en adultos⁹ y en jóvenes obesos sometidos a tratamiento clínico¹⁰. Sin embargo, se han encontrado pocos estudios donde se buscara investigar la relación entre los componentes de la CVRS y la condición ponderal en una población comunitaria de jóvenes y menos aún, en países latino-americanos. Los pocos estudios disponibles en la literatura presentan datos culturales anglosajones y en algunos casos utilizando diferentes instrumentos de medida para identificar los componentes de la CVRS, con resultados contradictorios^{11,12}.

El objetivo del presente trabajo fue el de identificar diferencias en los distintos componentes de la CVRS de acuerdo con el estado ponderal

(eutrófico, sobrepeso y obesidad) de una muestra de adolescentes proveniente de tres ciudades localizadas en Argentina, Brasil y Chile. De inmediato se estableció la hipótesis en el sentido que los adolescentes con sobrepeso y los obesos presentan componentes equivalentes a la CVRS más perjudicados que sus pares eutróficos.

Material y método

Se realizó un estudio descriptivo transversal en una población de adolescentes, quienes durante el año 2009 se encontraban cursando entre sexto básico y tercero medio en escuelas públicas de tres ciudades latinoamericanas. Las ciudades seleccionadas fueron San Miguel de Tucumán, situada en la provincia homónima, en la región noroeste de Argentina; Londrina, situada en la provincia del Paraná, en la región sur de Brasil; y Valparaíso, que se encuentra en la provincia homónima en la región central de Chile. Según datos de la Dirección de Estadísticas de las Secretarías de Educación de las tres ciudades, en el momento en que se realizó el estudio estaban matriculados en ese nivel alrededor de 38, 70 y 53 mil estudiantes, respectivamente.

Los protocolos de intervención utilizados fueron aprobados por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Estatal de Londrina, Brasil (Decreto no 073/2007) y se acompañaron con las normas de la Resolución 196/96 del Consejo Nacional de Salud de Brasil sobre investigación que involucre a seres humanos.

Muestra y selección de los sujetos

En relación al cálculo del tamaño muestral, se tuvo en cuenta un intervalo de confianza del 95%, una prevalencia del éxito no conocida ($p = 50\%$), un efecto de diseño de 1% y una precisión de 3%. Si bien se calculó un tamaño de 1.320 sujetos, la muestra final estuvo constituida por 1.357 adolescentes de 12 a 17 años (698 chicas y 659 chicos), distribuidos proporcionalmente de acuerdo con la población escolar de cada una de las tres ciudades/países estudiadas. Se realizó al azar mediante sorteo la elección de cuatro escuelas en cada ciudad/país, y para la selección de los adolescentes en las escuelas se utilizó un procedimiento de muestreo probabilístico por conglomerados, teniendo como referencias la cantidad de escolares en cuanto al sexo, la edad y lo nivel escolar (Tabla 1).

Los adolescentes seleccionados para la muestra fueron informados sobre la naturaleza y los objetivos del estudio, bajo el principio del anonimato y la no influencia en el desempeño escolar. Se recogieron los consentimientos de todos los participantes y de sus tutores. Los criterios de inclusión en el estudio fueron tener entre 12 y 17 años, ser

Tabla 1. Composición de la muestra seleccionada en el estudio considerando los tres criterios de clasificación: ciudades/países, sexo y edad (n = 1357).

Edad	Tucumán, Argentina (n=327)		Londrina, Brasil (n=588)		Valparaíso, Chile (n=442)	
	Chicas (n=168)	Chicos (n=159)	Chicas (n=303)	Chicos (n=285)	Chicas (n=227)	Chicos (n=215)
12-13 años (n=443)	55	52	99	93	74	70
14-15 años (n=525)	65	62	117	110	88	83
16-17 años (n=389)	48	45	87	82	65	62

capaz de leer y rellenar el cuestionario, y estar presente en el aula el día señalado para la toma de datos.

Recogida de datos

La recogida de datos en las tres ciudades/países latinoamericanas siguió los mismos procedimientos y se llevó a cabo de mayo a septiembre de 2009. Los indicadores de sobrepeso y obesidad fueron definidos a partir del cálculo del índice de masa corporal (IMC), siendo la división entre las medidas del peso corporal, en kilogramos, y la estatura expresada en metros al cuadrado (kg/m^2), utilizándose los puntos de corte para el sexo y la edad propuestos por la *International Obesity Task Force* – IOFT¹³.

Para la determinación de las medias correspondientes al peso corporal se utilizó una báscula antropométrica con una precisión de 100 gramos, comprobándose cada diez pesajes. En cuanto a la realización de las medias de la estatura se utilizó un estadiómetro de aluminio con escala de 1mm, siguiendo los procedimientos sugeridos por la Organización Mundial de la Salud¹⁴.

Los componentes de CVRS fueron identificados y dimensionados mediante la aplicación del cuestionario *Kidscreen-52*¹⁵. En el caso específico de los adolescentes argentinos y chilenos se empleó la versión del cuestionario *Kidscreen-52* traducida y adaptada transculturalmente para el idioma castellano¹⁶. Para los adolescentes brasileños, se utilizó la versión del *Kidscreen-52* traducida y adaptada para idioma portugués sud-americano¹⁷.

El cuestionario *Kidscreen-52* consiste en 52 preguntas dirigidas hacia la percepción de 10 componentes de CVRS de niños y adolescentes (Tabla 2). Las respuestas a las preguntas son registradas utilizando una escala tipo Likert de uno a cinco puntos (acotados en sus extremos de “nada” a “muchísimo” o de “nunca” a “siempre”), que pretende identificar la frecuencia de comportamientos/sentimientos o, en algunos casos, la intensidad de actitudes específicas, en el periodo que transcurre durante la semana anterior a la aplicación del cuestionario. Los resultados de cada componente son contabilizados mediante una sintaxis, que considera las respuestas de un grupo de cuestiones que forman cada ámbito,

siendo las cuestiones igualmente ponderadas. Los marcadores finales equivalentes de cada componente son recodificados en una escala de medida, con una variación entre 0 y 100, siendo 0 la menor percepción y 100 la mayor percepción de la CVRS del componente en cuestión¹⁵.

El cuestionario *Kidscreen-52* fue aplicado en un único momento, individualmente para cada escolar, por un único investigador en cada ciudad/país latinoamericana, en el centro escolar y en horario de clase. Los participantes del estudio recibieron el cuestionario con instrucciones y recomendaciones para que pudieran rellenarlo, sin límite de tiempo. Las dudas de los participantes fueron aclaradas por el investigador que acompañaba la recogida de datos. El tiempo medio para cumplimentar el cuestionario fue de 30 minutos. En cuanto a la fiabilidad del cuestionario empleado en los adolescentes de las tres ciudades seleccionadas, los valores de consistencia interna mediante el coeficiente α de Cronbach variaron entre 0,71 en el componente *Autopercepción* y 0,89 en el componente *Recursos económicos*, con un valor global medio de 0,82.

Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de los datos fue realizado mediante el paquete informático *Statistical Package for the Social Science*, versión 21. En relación a los indicadores equivalentes al sobrepeso y a la obesidad, fueron estimadas las proporciones puntuales estratificados de acuerdo al sexo (chicos y chicas), edad (12 a 13 años, 14 a 15 años y 16 a 17 años) y a la ciudad/país de origen de los adolescentes (Tucumán-Argentina, Londrina-Brasil, Valparaíso-Chile).

En cuanto a los datos referentes a los componentes de la CVRS, inicialmente se analizó la distribución de frecuencia por medio del test de Kolmogorov-Smirnov. Considerando que los datos mostraron una distribución de frecuencia normal, se recurrió a los recursos de la estadística paramétrica, mediante el cálculo de media y desviación estándar. Posteriormente, para establecer comparaciones entre las puntuaciones atribuidas a los componentes de la CVRS asociadas a la presencia del sobrepeso y de la obesidad, se utilizó el análisis de covarianza (ANCOVA), ajustada por sexo, edad y ciudad/país de origen de los adolescentes, acompañados del test de comparación múltiple de Scheffe para la identificación de diferencias específicas.

Tabla 2. Componentes del *Kidscreen-52*.

Componentes	Ítems	Breve descripción del contenido
1. Bienestar físico	5	Práctica de actividad física, energía e aptitud física.
2. Bienestar psicológico	6	Sentimientos positivos y satisfacción con la vida.
3. Estado de ánimo y emociones	7	Emociones depresivas y estresantes.
4. Autopercepción	5	Percepción de sí mismo y satisfacción con su apariencia corporal.
5. Autonomía	5	Oportunidades para crear y gestionar su tiempo social y de ocio.
6. Relación con los padres y vida familiar	6	Calidad de las relaciones con los padres y en el ambiente en casa.
7. Amigos y apoyo social	6	Naturaleza de las relaciones con sus iguales.
8. Entorno escolar	6	Satisfacción con relación a su competencia y al desempeño escolar.
9. Rechazo social/ <i>bullying</i>	3	Aspectos acerca de los sentimientos de rechazo por los iguales.
10. Recursos económicos	3	Percepción en cuanto a la calidad de los recursos económicos disponibles.

Resultados

En la Figura 1 se muestran las prevalencias de exceso de peso corporal (sobrepeso + obesidad) estimadas en la muestra de adolescentes analizada. Considerando la totalidad de los adolescentes reunidos en el estudio, el 35,2% de las chicas y el 28,6% de los chicos presentaron valores de exceso de peso corporal, de los cuales, 6,4% y el 4,7% respectivamente, mostraron valores de obesidad. Cuando se consideraron las distintas edades, se verificó las tendencias de aumento en las prevalencias de sobrepeso y obesidad con el desarrollo de los años, sobretudo en el grupo de los chicos. En relación a las ciudades/países de origen de los adolescentes, los menores porcentajes de chicas y chicos con sobrepeso y obesidad fueron observados en San Miguel de Tucumán/ Argentina, y las más elevadas prevalencias fueron identificados en los adolescentes de Valparaíso/Chile.

La Tabla 3 muestra la información asociada al análisis multivariable de las puntuaciones atribuidas a los componentes de CVRS en función del estado ponderal, ajustado por ciudad/país de origen, sexo y edad. En comparación con los adolescentes eutróficos, se constata que los adolescentes obesos presentan puntuaciones significativamente más comprometidas en los diez componentes de CVRS. En el caso de los adolescentes con sobrepeso, mostraron valores significativamente menores que los adolescentes eutróficos en los componentes equivalentes al *Bienestar físico*, al *Bienestar psicológico*, al *Estado de ánimo y emociones*, a la *Autopercepción*, a los *Amigos y apoyo social*, *Entorno escolar* y al *Rechazo social/bullying*. Además, en la comparación entre adolescentes con sobrepeso y obesos, las diferencias demostraron estadísticamente significativas para los componentes de *Bienestar físico*, *Autopercepción* y *Rechazo social/bullying*.

Discusión

El presente estudio analizó las puntuaciones atribuidas a los componentes de CVRS en adolescentes de tres ciudades/países

latino-americanas clasificados de acuerdo con el estado ponderal. La importancia del estudio se debe a la posibilidad de considerar por primera vez los componentes de CVRS en una muestra multicultural de adolescentes con sobrepeso y obesos mediante un instrumento aceptado internacionalmente (*Kidscreen-52*), lo que puede corroborar la necesidad urgente de intervención, en la medida en que se suma a la tradicional argumentación sobre la preocupación con aspectos subjetivos asociados a la calidad de vida.

Los resultados encontrados revelaron que, utilizándose los puntos de corte específico para el sexo y la edad propuestos por

Figura 1. Prevalencias de exceso de peso corporal (sobrepeso + obesidad) estratificadas de acuerdo con ciudades/países, sexo y edad de una muestra de adolescentes latinoamericanos.

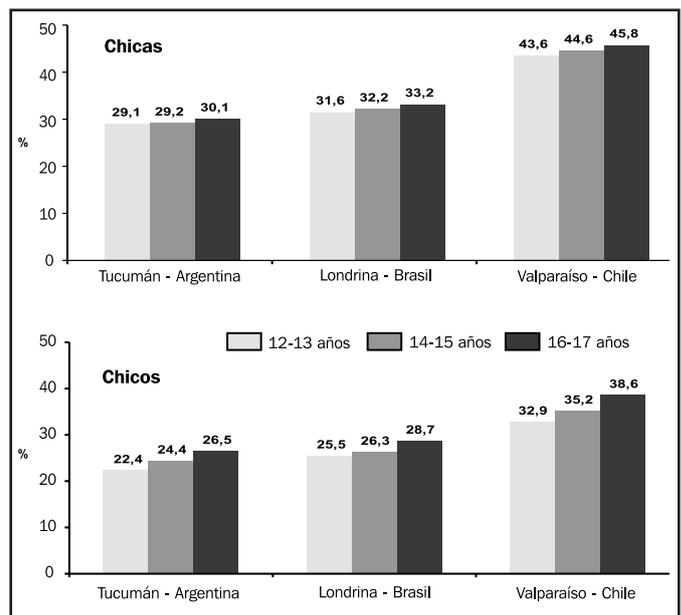


Tabla 3. Media, desviación estándar y prueba F de las puntuaciones equivalentes a los componentes de la calidad de vida relacionada con la salud de los adolescentes encuestados en función del estado ponderal.

Componentes de la calidad de vida	Estado ponderal			Prueba F	Post-Hoc Scheffé
	Eutrófico (a)	Sobrepeso (b)	Obesidad (c)		
Bienestar físico	78,65±17,85	69,58±16,98	57,79±15,65	45,218 (p < 0,001)	a > b > c
Bienestar psicológico	79,53±20,23	73,92±19,87	72,17±19,11	9,814 (p < 0,001)	b < a > c
Estado de ánimo y emociones	86,03±19,54	78,31±18,14	77,89±18,87	10,492 (p < 0,001)	b < a > c
Autopercepción	80,78±17,11	71,17±16,53	64,35±15,58	31,566 (p < 0,001)	a > b > c
Autonomía	81,34±21,38	77,85±20,46	74,54±19,93	8,738 (p = 0,001)	a > c
Relación con los padres y vida familiar	80,89±22,19	77,96±21,79	73,77±20,81	8,195 (p = 0,001)	a > c
Amigos y apoyo social	86,47±20,65	78,78±19,32	77,24±19,65	10,093 (p < 0,001)	b < a > c
Entorno escolar	75,14±19,47	66,24±18,25	63,13±19,43	13,651 (p < 0,001)	b < a > c
Rechazo social/bullying	76,18±19,72	65,02±18,51	58,51±16,72	40,382 (p < 0,001)	a > b > c
Recursos económicos	79,95±21,90	75,57±20,84	72,80±22,19	7,879 (p = 0,001)	a > c

Análisis de la covarianza mediante el control de las puntuaciones asociadas al ciudad/país de origen, al sexo y a la edad.

la IOTF, se estimaba que la prevalencia de exceso de peso corporal (sobrepeso+obesidad) en la muestra analizada (31,9%) fue aproximadamente cuatro veces mayor que la encontrada en estudios realizados en población joven de China (7,7%)¹⁸, y en cambio, bastante similar a la encontrada en Estados Unidos (32,6%)¹⁹.

Las prevalencias de sobrepeso y obesidad no se distribuyeron igualmente en la muestra analizada en el presente estudio. Sexo, edad y ciudad/país de origen de los adolescentes presentaron distintas implicaciones en la identificación del sobrepeso y de la obesidad. Coincidiendo con datos de otros estudios²⁰, una mayor cantidad de chicas presentó un mayor exceso de peso corporal. Con todo esto, en este caso, el excesivo acúmulo de peso corporal se mantuvo prácticamente estable de los 12 a los 17 años. En relación a los chicos, las prevalencias de sobrepeso y obesidad fueron ascendiendo según iba aumentando la edad. Según la información disponible en la literatura especializada, solamente aquellos estudios que presentaron las mayores prevalencias de sobrepeso y obesidad mostraron tendencias similares^{4,19}. En el resto de estudio a los que se tuvo acceso, tanto en chicos como en chicas presentaban prevalencias de sobrepeso y obesidad mayores en edades más jóvenes^{18,20}.

Corroborando con las distintas informaciones disponibles con anterioridad en la literatura^{11,12,21-25}, los hallazgos del presente estudio apuntaron hacia una importante influencia negativa que el exceso de peso corporal puede ejercer en los componentes de CVRS. Los adolescentes tenidos como obesos, mostraron puntuaciones inferiores en todos los componentes de calidad de vida marcados por el *Kidscreen-52* comparados con sus pares eutróficos, sugiriendo, de este modo, que el impacto de esta condición es global y debe suceder en los distintos segmentos de la vida cotidiana de los adolescentes. Pese a que los componentes de CVRS no hayan sido proyectados para monitorizar todos los dominios que específicamente están relacionado con el exceso de peso corporal²⁶, su dimensionamiento permite reunir importantes informaciones de como los jóvenes con sobrepeso u obesidad perciben su salud y su bienestar. En este particular, las dimensiones de los componentes de CVRS se traducen en aspectos que destacan de la salud y que no consiguen ser detectados mediante las dimensiones biológicas y clínicas tradicionales.

La condición de sobrepeso y obesidad frecuentemente provoca burlas por parte de los compañeros de menor peso corporal. La fuerte influencia del entorno, junto con la percepción de ironías, aumenta la inseguridad personal, deteriora la autoestima y el bienestar emocional, así como dificulta las relaciones interpersonales²⁷. Según la edad va avanzando, los jóvenes se vuelven más conscientes del entorno, perciben más claramente las diferencias interpersonales y realizan comparaciones, prioriza la autocrítica y surgen la autopercepción negativa y la insatisfacción personal²⁸. La disminución de la autoestima determina una mayor influencia de los iguales y una percepción de menor aceptación social, lo que puede conducir a un carácter más introvertido²⁴ así como, según los mostrado con los resultados encontrado en el presente estudio, compromete elementos psicosociales que deterioran los componentes de CVRS.

Por otro lado, los datos de este estudio mostraron que, en relación a los componentes de calidad de vida equivalentes al *Bienestar físico*, al *Estado de ánimo y emociones*, a la *Autopercepción* y al *Rechazo social*/

bullying demostraron comprometimientos aún más elevados en los adolescentes obesos, mientras que la *Autonomía*, la *Relación con los padres* y *vida familiar*, los *Recursos económicos* son componentes que presentan puntuaciones similares entre adolescentes eutróficos y con sobrepeso. Estos hallazgos refuerzan algunas propuestas de estudios anteriores²³ en el sentido que algunos componentes de CVRS pueden ser más afectados que otros en consecuencia del exceso de peso corporal en edades jóvenes, destacando los aspectos físicos, emocionales y sociales.

En el *Kidscreen-52* esos dominios contemplan ítems relacionados con la práctica de actividad física, energía y aptitud física, situaciones depresivas y estresantes, percepción de sí mismo y satisfacción con la apariencia física, naturaleza de las relaciones con sus pares y sentimientos de rechazo, o sea, cuestiones que pueden, eventualmente, dificultar la adhesión a programas de control de peso corporal, definiéndose, por tanto, un círculo vicioso: mayor acumulo de peso corporal – comprometimiento de los componentes CVRS – menos adhesión a los programas de intervención – mayor aumento del acumulo de peso corporal. Estudios experimentales que involucraban específicamente muestras clínicas, han comprobado este fenómeno^{29,30}.

De entre los componentes de CVRS contemplado en el *Kidscreen-52*, las mayores diferencias identificadas entre los adolescentes eutróficos y con exceso de peso corporal fueron en el dominio físico. Eso puede ser debido a la dificultad relatada por los adolescentes con sobrepeso y obesos para practicar algún tipo de actividad física o deporte, relacionado con las limitaciones metabólicas y problemas ortopédicos, consecuentemente, induciendo a restricciones en las posibilidades de moverse. La menor disponibilidad de energía y el mal alineamiento de miembros inferiores, acompañados de la excesiva sobrecarga generada por el peso corporal más elevado, son características típicas de los jóvenes con sobrepeso u obesos⁶, que contribuyen decisivamente para un mayor discomfort cardiometabólico y musculoesquelético, llevándoles, generalmente, a grandes sacrificios para que realicen esfuerzos físicos.

El presente estudio no está exento de limitaciones. Por ejemplo, es importante señalar que las informaciones equivalentes a los componentes de la CVRS fueron autoinformadas por los propios adolescentes. Asimismo, el autoinforme es un procedimiento habitual en estudios con estas características, siendo la forma más viable para la obtención de datos relacionados con la calidad de vida en poblaciones amplias. Por otro lado, el extenso tamaño de la muestra permitió de alguna forma minimizar la eventual imprecisión de las estimaciones calculadas. También el abordaje transversal de los datos podría haber limitado la identificación de diferencias, sin que se pueda formular la posibilidad de existir causalidad inversa. Otra limitación es el hecho de no haberse diagnosticado la presencia de posibles comorbilidades asociadas al sobrepeso y a la obesidad, que podrían interferir en la calidad de vida de los adolescentes con excesos de peso corporal.

Para concluir, los resultados del presente estudio sugieren que los adolescentes con sobrepeso y los obesos presentan componentes específicos de CVRS más perjudicados que sus pares eutróficos. Aun así, hallazgos del propio estudio, apuntan hacia la importancia de monitorizar e intervenir en componentes de CVRS orientados a la propuesta de programas dirigidos a la reversión del sobrepeso/obesidad y al control de peso corporal. Iniciativas en este sentido pueden servir como

referencias para la evaluación de la efectividad e las acciones previstas en programas de intervención, así como ayudar a la comprensión de las consecuencias del exceso de peso corporal para los adolescentes y condicionar políticas públicas destinadas específicamente a este segmento poblacional.

Bibliografía

1. Swinburn BA, Sacks G, Hall KD, McPherson K, Finegood DT, Moodie ML, et al. The global obesity pandemic shaped by global drivers and local environments. *Lancet*. 2011;378:804-14.
2. Rokholm B, Baker JL, Sorensen TI. The leveling off of the obesity epidemic since the year 1999 – a review of evidence and perspective. *Obes Rev*. 2010;11:835-46.
3. Albala C, Corvalan C. Epidemiology of obesity in children in South American. En: Moreno LA, Pigeot I, Ahrens W. *Epidemiology of obesity in children and adolescents*. New York: Springer; 2011. p. 95-110.
4. Rivera JA, Cassio TG, Pedroza LS, Aburto TC, Sánchez TG, Martorell R. Childhood and adolescent overweight and obesity in Latin America: a systematic review. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2014;2:321-32.
5. Weiss R, Dziura J, Burgert TS, Tamborlane WV, Taksali SE, Yeckel CW, et al. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *N Eng J Med*. 2004;350:2362-74.
6. Cosoveanu S, Bulucea D. Obesity and overweight in children: epidemiology and etiopathogeny. *Curr Health Sci J*. 2011;37:101-5.
7. Vander Wal JS, Mitchell ER. Psychological complications of pediatric obesity. *Pediatr Clin North Am*. 2011;58:1393-401.
8. Fredman DS, Khan LK, Serdula MK, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of childhood BMI to adult adiposity: The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 2005;115:22-7.
9. Doll HA, Petersen SE, Stewart-Brown SL. Obesity and physical and emotional well-being: associations between body mass index, chronic illness, and the physical and mental components of the SF-36 questionnaire. *Obes Res*. 2000;8:160-70.
10. Griffiths LJ, Parsons TJ, Hill AJ. Self-esteem and quality of life in obese children and adolescents: a systematic reviews. *Int J Pediatr Obes*. 2010;5:282-304.
11. Ottova V, Erhart M, Rajmil L, Dettenborn-Betz L, Ravens-Sieberer U. Overweight and its impact on the health-related quality of life in children and adolescents: results from the European Kidscreen Survey. *Qual Life Res*. 2012;21(1):59-69.
12. Buttitta M, Iliescu C, Rousseau A, Guerrien A. Quality of life in overweight and obese children and adolescents: a literature review. *Qual Life Res*. 2014;23(4):1117-39.
13. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320:1240-3.
14. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. WHO - Technical Report Series, Geneva, v.854, 1995, p.1-452.
15. The Kidscreen Group Europe. *The Kidscreen questionnaires: Quality of life questionnaires for children and adolescents*. Germany: Pabst Science Publishers; 2006. p. 232.
16. Berra S, Bustingorry V, Henze C, Díaz MP, Rajmil L, Butinof M. Adaptación transcultural del cuestionario Kidscreen para medir calidad de vida relacionada con la salud en población argentina de 8 a 18 años. *Arch Argent Pediatr*. 2009;107(4):307-14.
17. Guedes DP, Guedes JERP. Tradução, adaptação transcultural e propriedades psicométricas do Kidscreen-52 para população brasileira. *Rev Paul Pediatr*. 2011;29(3):364-71.
18. Li Y, Schouten EG, Hu X, Cui Z, Luan D, Ma G. Obesity prevalence and time trend among youngsters in China, 1982-2002. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2008;17(1):131-7.
19. Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, Flegal KM. Prevalence of obesity and trends in body mass index among US children and adolescents, 1999-2010. *JAMA*. 2012;307(5):483-90.
20. Janssen I, Katzmarzyk PT, Boyce WF, Vereecken C, Mulvihill C, Roberts C, et al. Comparison of overweight and obesity prevalence in school-aged youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. *Obes Rev*. 2005;6(2):123-32.
21. Hurtado-Valenzuela JG, Álvarez-Hernández G. Calidad de vida relacionada con la salud del niño y del adolescente con obesidad. *Salud Mental*. 2014;7(2):119-25.
22. Kundel N, Oliveira WF, Peres MA. Excesso de peso e qualidade de vida relacionada à saúde em adolescentes de Florianópolis, SC. *Rev Saude Publica*. 2009;43(2):226-35.
23. Wille N, Bullinger M, Holl R, Hoffmeister U, Mann R, Goldapp C, et al. Health-related quality of life in overweight and obese youth: results of a multicenter study. *Health Qual Life Outcomes*. 2010;8:36.
24. Barbero AH, Mesa MRL, Julián CAS. Influencia del exceso de peso en la calidad de vida relacionada con la salud de los adolescentes. *An Pediatr (Barc)*. 2015;82(3):131-8.
25. González FJO, Vélez EFA, Rodríguez CMV, Contreras AMM, Restrepo AE, Berrio GB, et al. Calidad de vida relacionada con la salud en un grupo de adolescentes de Medellín (Colombia): asociación con aspectos sociodemográficos, exceso de peso y actividad física. *Rev Colomb Psicol*. 2014;23(2):255-67.
26. Sanders RH, Han A, Baker JS, Copley S. Childhood obesity and its physical and psychological co-morbidities: a systematic review of Australian children and adolescents. *Eur J Pediatr*. 2015;174(6):715-46.
27. Wardle J, Cooke L. The impact of obesity on psychological well-being. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2005;19:421-40.
28. Kolodziejczyk JK, Gutzmer K, Wright SM, Arredondo EM, Hill L, Patrick K, et al. Influence of specific individual and environmental variables on the relationship between body mass index and health-related quality of life in overweight and obese adolescents. *Qual Life Res*. 2015;24(1):251-61.
29. Zeller M, Modi A. Predictors of health-related quality of life in obese youth. *Obesity*. 2006;14:122-30.
30. Tyler C, Johnston CA, Fullerton G, Forety JP. Reduced quality of life in very overweight Mexican American adolescents. *J Adolesc Health*. 2007;40:366-8.

Análisis de la composición corporal empleando parámetros bioeléctricos en la población deportiva cubana

Wiliam Carvajal Veitia¹, Yanel Deturnell Campo², Ibis M. Echavarría García², Danelis Aguilera Chavez²,
Lázaro R. Esposito Gutiérrez³, Antonio Cordova⁴

¹Universidad de las Ciencias de la Cultura Física y el Deporte. Cuba. ²Laboratorio de Cineantropometría. Subdirección de Control Médico. Instituto de Medicina del Deporte. Cuba. ³Instituto de Medicina del Deporte. Cuba. ⁴Seca GMBH & CO. KG, Hamburg. Germany.

Recibido: 24.06.2016

Aceptado: 19.01.2017

Resumen

Objetivos: La propuesta de este estudio es proveer datos de parámetros bioeléctricos de la población deportiva cubana, particularmente: resistencia (R), reactancia (Xc), impedancia (Z), ángulo de fase (AF), y los componentes del vector impedancia de acuerdo al análisis del vector bioeléctrico (BIVA), estableciendo valores de referencia en atletas de alto rendimiento.

Material y método: Se les realizó el análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA) a 943 deportistas cubanos (620 masculinos, 323 femeninos) de 26 deportes diferentes. Los parámetros bioeléctricos R, Xc, Z y PA fueron obtenidos a una frecuencia de 50-kHz y en la gama de 1 a 1.000 kHz usando un analizador multifrecuencia. De estos parámetros, fueron calculados cinco índices (R/Estatura, Xc/ Estatura, Z/Estatura, reactancia en paralelo, y resistencia en paralelo) a 50 kHz. Se obtuvo el análisis del vector de bioimpedancia eléctrica (BIVA) y se realizó un modelado Cole-Cole. Una vez estimado R/Estatura y Xc/Estatura, fue realizado el análisis de BIVA. La media y la desviación estándar fueron calculadas para todas las variables. *La prueba t fue usada para detectar las diferencias entre ambos sexos.* Los BIVA fueron comparados usando la T² de Hotelling. Para contrastar la hipótesis nula de igualdad entre los parámetros examinados, se empleó el nivel de significación de $p < 0,05$.

Resultados: En comparación a la población masculina, la población femenina tuvo mayor R, R/Estatura, Xc, Xc/Estatura, Z, Z/Estatura y menor PA ($p < 0,05$). La precisión de BIVA fue diferente entre los sexos ($p < 0,05$) y de acuerdo al índice de masa corporal (≤ 25 y > 25). Las diferencias entre deportes estuvieron relacionadas al valor de Z y AF.

Conclusiones: El estudio mostró que la variabilidad de R, Xc, Z y AF dependió del género, de las características de la masa corporal de la población estudiada, y del deporte.

Palabras clave:
Parámetros bioeléctricos.
Análisis del vector impedancia bioeléctrica.
Ángulo de fase.
Modelo Cole-Cole.

Body composition analysis using bioelectrical parameters in Cuban sporting population

Summary

Objectives: The purpose of this study is to provide data on bioelectrical parameters in Cuban sport population, particularly: resistance (R), reactance (Xc), impedance (Z), impedance vector component according to bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) and phase angle (PhA), establishing references values on athletes of high performance level.

Material and method: We performed bioelectrical impedance analysis (BIA) in 943 Cuban athletes (620 male, 323 female) of 26 sports modalities. Bioelectric parameters R, Xc, Z and PhA were obtained at 50-kHz frequency and multi-frequency from 1 to 1000 kHz using a multi-frequency measuring device. From these parameters, five bioimpedance ratios were calculated (R/Height, Xc/ Height, Z/ Height, the reactance paralate, and resistance paralate) at 50 kHz. Bioelectrical impedance vectors analysis (BIVA) and Cole-Cole modeled were performed. Once R/Height and Xc/Height were estimated, the BIVA was performed. Mean and standard deviations were calculated for all variables. Unpaired t-test was used to detect differences between sexes. BIVA vectors were compared using Hotelling's T² test. To eliminate a null hypothesis about the equality of the examined parameters, we used the level of probability of $p < 0.05$.

Results: Compared to male population, female population had higher R, R/ Height, Xc, Xc/ Height, Z, Z/ Height and lower PhA. The accuracy of specific BIVA was different in the two sexes ($p < 0.05$) and according to the Body Mass Index (≤ 25 and > 25). Differences between sports were found in order to Z and PhA.

Conclusions: The study showed that variability of R, Xc, Z and PhA measures depends on gender, body mass characteristics of the study population, and sport.

Key words:
Bioelectrical parameters.
Bioelectrical impedance vector analysis.
Phase angle.
Cole-Cole model.

Correspondencia: Wiliam Carvajal Veitia
E-mail: wiliam.carvajal@infomed.sld.cu

Introducción

El análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA, en sus siglas en inglés) es un método indirecto de estimación de la composición corporal (CC) basado en un procedimiento diagnóstico simple, rápido y no invasivo que ha sido empleado tanto desde el punto de vista clínico como investigativo en la exploración molecular, celular y tisular en humanos¹.

La impedancia corporal (Z) es una función de 2 componentes: resistencia (R) y reactancia (Xc). La R representa la resistencia de los tejidos al paso de una corriente eléctrica y depende de la hidratación de los tejidos, mientras que Xc es la oposición adicional debida a la capacitancia de esos tejidos y las membranas celulares, es un parámetro fundamental para diferenciar líquido extra e intracelular así como el estado de las membranas celulares¹. El ángulo de fase (AF) es un indicador de calidad de vida, es el arco tangente $(Xc/R) \times 180^\circ/\pi$. Valores elevados del AF se interpretan como membranas celulares en buen estado, con una presión osmótica y concentración de iones correcta y elevada masa celular².

El resultado de la representación gráfica Xc vs. R en toda la gama de frecuencias (1kHz-1MHz), es un semicírculo con su centro por debajo del eje real correspondiente a la modelación llamada Cole-Cole³. El semicírculo caracteriza la bioimpedancia tisular en 4 parámetros conocidos como: resistencia a frecuencia 0 (R_0), resistencia en el infinito (R_∞), constante característica de tiempo (τ) y medida de la depresión del arco semicircular debajo del eje real (α). A partir del modelado experimental empleado, R_0 se corresponde con la resistencia extracelular y R_∞ con la resistencia intracelular^{3,4}.

Por otra parte, el análisis gráfico de la relación R, Xc, estandarizado por la estatura permite hacer una valoración de la composición corporal de un sujeto clasificando el estatus de hidratación y de la variación del tejido blando. Este es conocido como análisis del vector impedancia (BIVA, en sus siglas en inglés)^{5,6}.

A partir de un número de investigaciones poblacionales realizadas, existe una creciente aceptación internacional por el uso del AF y de BIVA para el análisis tisular y molecular de la CC. Muchos de ellos, han evidenciado la relación entre ciertos valores y diferentes estados patológicos en la población general⁵⁻⁹. No obstante Llamas *et al*⁷ plantearon que la falta de valores de referencias para el AF han limitado su uso en situaciones clínicas y epidemiológicas, mientras que Peine *et al*¹⁰ sugirieron la necesidad de establecer las características del BIVA y AF para las diferentes poblaciones, pues su uso puede estar limitado por la edad, sexo, etnia, nivel del índice de masa corporal, entre otros factores.

Ha sido demostrado que la población deportiva constituye un segmento amplio de variabilidad fisiológica que puede mostrar valores de AF y BIVA similares a los de personas con estados patológicos anormales, pero en su caso son considerados adaptaciones al deporte^{11,12}. Por su parte, en la literatura especializada en deportistas, no están bien documentadas las características poblacionales de los parámetros bioeléctricos de la CC, lo que pudiera contribuir al estudio de los límites alcanzados por estos indicadores y a su empleo más racional en el campo de la evaluación nutricional y del control biomédico del entrenamiento.

Basado en los planteamientos anteriores, los autores se propusieron: 1) establecer las características generales de los parámetros bioeléctricos en deportistas elites cubanos de ambos sexos a la frecuencia de 50 Hz

y la característica, 2) establecer las características del vector BIVA, en relación al sexo y el nivel del índice de masa corporal, 3) Establecer las diferencias poblacionales para el ángulo de fase entre la población investigada y una de referencia, y 4) comparar los deportes evaluados utilizando los parámetros Impedancia corporal y Ángulo de Fase.

Material y método

Tipo de estudio y universo

Se realizó una investigación descriptiva y prospectiva en el periodo desde 14 de Marzo al 20 de Octubre del 2013. La población estudiada estuvo constituida por 936 que formaban las selecciones nacionales cubanas de mayores en 26 deportes. Del sexo masculino fueron evaluados 620 sujetos y del sexo femenino 323, cuya distribución se ofrece en la Tabla 1. La edad promedio de los participantes fue de $22,75 \pm 4,11$ y $22,38 \pm 3,53$ años para el sexo masculino y femenino, respectivamente.

Métodos y procedimientos

Antes de comenzar el estudio todos los sujetos fueron informados y dieron su consentimiento para su participación. El estudio fue aprobado por el comité de ética de Instituto de Medicina del Deporte de Cuba.

Tabla 1. Composición de la muestra según sexo y deporte.

	Masculino	Femenino	Total
Baloncesto	27	54	81
Balonmano	36	15	51
Beisbol	47	0	47
Boxeo	25	0	25
Canotaje	38	11	49
Esgrima	37	32	69
Fútbol	63	13	76
Gimnasia artística	13	1	14
Gimnasia rítmica	0	12	12
Halterofilia	31	13	44
Hockey sobre césped	22	17	39
Judo	18	25	37
Lucha grecorromana	36	0	36
Lucha libre	46	27	73
Patínaje artístico	2	2	4
Patínaje de carrera	10	2	12
Pelota vasca	5	5	10
Pentatlón moderno	7	4	11
Polo acuático	13	0	13
Remos	53	18	71
Tenis de mesa	3	5	8
Tiro deportivo	8	8	8
Triatlón	7	4	11
Vela	15	6	21
Voleibol	47	41	88
Voleibol de playa	11	8	19
Total	620	323	943

La investigación fue realizada en horas de la mañana por personal entrenado, en un local climatizado a 23 °C. Para garantizar la validez y confiabilidad fue diseñado un protocolo que tuvo en cuenta: 1) no usar diuréticos desde una semana antes, 2) no beber alcohol por 48 horas antes del examen, 3) no haber realizado ejercicio intenso por lo menos 12 horas antes, 4) no haber ingerido alimentos ni bebidas 4 horas anteriores al inicio de las pruebas, 5) realizar la última micción y/o defecación 30 minutos antes del inicio de las pruebas programadas, 6) en el caso de las mujeres, se tuvo en cuenta la fase del ciclo menstrual en la que se encontraban, realizándose la valoración solo durante la fase estrogénica.

Para la determinación de la Bioimpedancia fue utilizado el analizador multifrecuencia mBCA 514/515 (*medical Body Composition Analyser*, en sus siglas en inglés) de fabricación alemana (Seca 514/515 GmbH & co. kg, Hamburg) (Figura 1A), el mismo estuvo acoplado a dos unidades con comunicación inalámbrica compuesta por una PC con un software Seca Analytics mBCA 115 (Figura 1B) y un estadiómetro de transmisión inalámbrica 360° Wireless Seca 284 (Seca GmbH & co. kg, Hamburg) (Figura 1C). Las unidades poseían una precisión de 50 g y 1mm para el peso y estatura, respectivamente.

Una vez introducidos los datos generales en la PC (número de identidad, edad, etnia, deporte) se midió la estatura (E) en el estadiómetro de transmisión inalámbrica 360° Wireless Seca 284 (Seca GmbH & co. kg, Hamburg) y se transfirió al analizador utilizando un interruptor. La estatura fue evaluada según los requerimientos de la Sociedad Internacional para el Avance en Cineantropometría¹³: el sujeto se paró descalzo sobre la base del estadiómetro con los talones juntos, los bordes mediales de los pies en ángulo de 60° entre sí, la cara posterior de los glúteos y la parte posterior de la espalda apoyada en el estadiómetro. La cabeza se ubicó en plano de Frankfurt, con leve tracción de esta hacia arriba unida a la inspiración simultánea realizada por el sujeto.

Figura 1. Unidades inalámbricas utilizadas para el desarrollo de la investigación.



Posteriormente los individuos se colocaban sobre el analizador en posición de bipedestación y con una flexión de la articulación escapulo-humeral de 30°. El analizador está compuesto de una pareja de electrodos que hacen contacto con los pies (metatarso-calcáneo) y tres parejas en los barandales que están a diferentes alturas y se ajustaban a la estatura de cada sujeto. En esta posición se evaluó el peso corporal y el índice de masa corporal, y se introdujo una corriente de 100 µA a través de los electrodos estimuladores, en tanto la caída de voltaje (V) se detectó por los electrodos sensores, de acuerdo con la ley de Ohm ($Z = \text{Voltaje} / \text{Intensidad de la corriente}$).

Las medidas de la BIA fueron evaluadas a las frecuencias 1, 1.5, 2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750 y 1,000 kHz. Las 19 frecuencias fueron empleadas para la modelación del arco Cole-Cole para determinar la resistencia cuando la frecuencia tiende a infinito (R_{∞}), la resistencia cuando la frecuencia tiende a cero (R_0), la frecuencia característica (F_c) y ángulo de depresión, de modo que a partir de sus valores se estimaron: la capacidad de membrana (C_m), las resistencias extracelular (R_0) e intracelular (R_{∞}) y el radio del arco (r), el área debajo de la curva. Para la obtención de los valores promedio de R/E , X_c/E , Z/E , R_p/E , X_{cp}/E y AF fue empleada la frecuencia a 50 kHz, mientras que para R_0/E , R_{∞}/E , C_m/E , y AF fue empleada la F_c que arrojó el modelo Cole-Cole. La resistencia y reactancia en paralelo (R_p y X_{cp}) y la capacidad de membrana (C_m) se estimaron mediante las siguientes fórmulas:

$$R_p = R + \frac{X_c^2}{R}$$

$$X_{cp} = X_c + \frac{R^2}{X_c}$$

$$C_m = X_c + \frac{1}{2 \pi F_c \times X_{cp}}$$

La obtención de los gráficos para el análisis de BIVA se realizó con el software diseñado por Picolli y Patori (2002) para proceder al análisis del BIVA (Picolli A, Patori G: BIVA software. Department of Medical and Surgical Sciences, University of Padova, Padova, Italy, 2002 (disponible en: E-mail: apicolli@unipd.it).

Análisis estadístico

La data poblacional obtenida del análisis fue exportada a una hoja Excel y posteriormente, exportada al paquete estadístico IBM-SPSS 20.0 para Windows donde fue realizada la estadística descriptiva.

Después de realizar un análisis exploratorio se obtuvieron los valores promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (DE), absolutos y relativos a la estatura, de R , X_c , Z , R_p , X_{cp} y AF a la frecuencia de 50 kHz, mientras que para R_0 , R_{∞} , C_m , Z y AF fueron obtenidos a la frecuencia F_c .

La prueba t de Student para muestras independientes fue empleada para contrastar la hipótesis de igualdad de medias entre sexos para cada uno indicadores bioeléctricos estudiados, previa comprobación de los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianza.

La comparación entre vectores BIVA de diferentes categorías del Índice de Masa Corporal ($IMC \leq 25 \text{Kg/m}^2$ vs $IMC > 25 \text{Kg/m}^2$) y entre

sexos fue establecida a través de la prueba T² Hotelling, previa comprobación de los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad de varianza.

El nivel de significación empleado para descartar la hipótesis nula de igualdad de medias o de vectores para los contrastes fue $p < 0,05$.

La distribución normal del AF fue verificada utilizando el ploteo de los cuantiles en un gráfico Q-Q y a través de la inspección visual derivada del análisis exploratorio efectuado. La superposición de distribuciones normales de la población estudiada y la de un estudio alemán de referencia¹⁰ fueron comparadas, y determinada el área de superposición para establecer las semejanzas poblacionales, adaptando el método de Zona de Superposición Bivariada de Norton & Olds¹⁴.

Para la descripción de los resultados por deportes fue establecida la distribución percentilar para Z y el AF, en los percentiles (p) 5, 10, 25, 50, 75,90 y 95. De los mismos derivaron los canales C1 (<5p), C2 (5-10p), C3 (10-25p), C4 (25-50p), C5 (50-75p), C6 (75-90p), C7 (90-95p), C8 (>95p).

Para establecer la tendencia central del Ángulo de fase, la Impedancia corporal e IMC para cada deporte se utilizó el promedio (X), como índice de variabilidad se uso el coeficiente de variación (CV).

Resultados

Características antropométricas y parámetros bioeléctricos (50Hz)

La Tabla 2 muestra las estadísticas descriptivas de las características antropométricas y los parámetros bioeléctricos subdivididos por sexos.

Los deportistas del sexo masculino mostraron un peso y estatura promedios significativamente superiores a los del sexo femenino ($p = 0,00$) evidenciando el dimorfismo pondo-estatural existente en ambos parámetros. El índice de masa corporal mostró valores promedio similares, pero significativamente diferentes entre ambos sexos ($p = 0,00$).

Tabla 2. Valores estimados de parámetros bioeléctricos a 50KHz (X±DE).

	Masculinos	Femeninos
Peso (Kg)	81,0±14,0**	68,0±11,0
Estatura (cm)	180,0±10,0**	171,0±10,0
IMC (Kg/m ²)	24,0±3,0**	23,0±2,0
R (Ω)	506,2±60,7	628,0±69,1**
Xc (Ω)	58,9±6,7	63,7±7,2**
Z	509,6±60,8	632,2±69,0**
R/Estatura (Ω/m)	280,6±34,7	367,7±41,9**
Xc/Estatura (Ω/m)	32,7±4,6	37,3±4,8**
Z/Estatura (Ω/m)	282,6±34,9	369,0±42,0**
AF (°)	6,7±0,6**	5,8±0,6
Rp (Ω)	513,0±61,0	635,0±69,3**
Xcp (Ω)	4444,4±782,0	6334,7±1133,0**
Rp/Estatura (Ω/m)	284,5±85,1	3716,0±42,2**
Xcp/Estatura (Ω/m)	2457,7±400,0	3699,7±655,0**

*Significativo ($p < 0,05$); **Muy significativo ($p < 0,01$).

Los parámetros bioeléctricos de la población deportiva estudiada, a la frecuencia de 50Hz, estuvieron representados por una resistencia significativamente menor al paso de la corriente para el sexo masculino ($506,2\Omega < 628,0\Omega$) en comparación con el sexo femenino ($p = 0,00$). La Xc mostró mayor oposición al paso de la corriente, debida a la capacitancia de esos tejidos y las membranas celulares, en el sexo femenino ($63,7\Omega > 58,9\Omega$) ($p = 0,00$). Estas diferencias repercutieron en los valores de R/E, Xc/E, Z/E, Rp, Xcp, Rp/E, Xcp/E, los cuales mostraron valores promedios de resistencia, reactancia e impedancia significativamente superiores para el sexo femenino ($p = 0,00$). El AF del sexo masculino ($6,7^\circ$) fue significativamente superior al encontrado para el sexo femenino ($5,8^\circ$), evidenciando mayor masa celular relativa ($p = 0,00$).

Resultados de los parámetros a partir del modelo Cole-Cole

Estos mismos parámetros se determinaron también sobre la base de la frecuencia característica (Tabla 3), a fin de poder caracterizar mejor a la población, y en este caso los resultados se semejan a los de 50 kHz.

En los datos obtenidos según el modelo de Cole - Cole (Tabla 3) se obtuvo que la resistencia cuando la frecuencia tiende a infinito (R_∞), la resistencia cuando la frecuencia tiende a cero (R_0) y la resistencia intracelular (R_{intra}) tuvieron valores promedios significativamente inferiores en el sexo masculino ($p = 0,00$). También la diferencia de resistencias entre ambos extremos del arco de Cole (ΔR), el radio (r) y el área debajo de la curva fueron significativamente inferiores para el sexo masculino a la frecuencia característica ($p = 0,00$). Estas características se ampliaron a los indicadores relativos R_∞/E , R_0/E , R_{intra}/E , Z/E (Ω/m) las cuales mostraron diferencias significativas ($p = 0,00$). Tanto el AF como la capacidad de

Tabla 3. Valores estimados según el modelo Cole-Cole en población deportiva cubana de ambos sexos, determinados a la frecuencia característica (X±DE).

Variables	Masculinos	Femenino
$R_\infty(\Omega)$	446,9±43,0	567,9±46,7**
$R_0(\Omega)$	665,1±43,0	810,1±46,7**
$R_{intra}(\Omega)$	1429,1±272,1	1980,6±402,0**
$C_m(nF)$	6,9±1,50**	5,3±2,50
$F_c(KHz)$	44,89±3,9*	43,02±4,6
$Z(\Omega)$	559,3±60,0	692,4±73,0**
AF(°)	6,26±0,61**	5,7±0,70
Ángulo de depresión $\alpha(^\circ)$	0,51±0,17	0,52±0,18*
$\Delta R(\Omega)$	209,1±21,7	232,8±24,2**
r(Ω)	84,7±53,1	93,8±57,8**
Área(Ω ²)	9857,2±2155,0	11205,9±2305,8**
$R_\infty/E(\Omega/m)$	369,5±23,9	473,7±27,3**
$R_0/E(\Omega/m)$	247,5±23,9	332,1±27,3**
$R_{intra}/E(\Omega/m)$	793,9±151,2	1158,2±235,1**
$C_m/E(nF/m)$	3,8±7,0**	3,1±6,5
$Z/E(\Omega/m)$	310,7±40,8	404,9±47,0**

*Significativo ($p < 0,05$); **Muy significativo ($p < 0,01$)

Figura 2. Diferencias en el arco del modelo Cole-Cole para el sexo femenino (a) y masculino (b) a través de la dependencia experimental X_c-R .

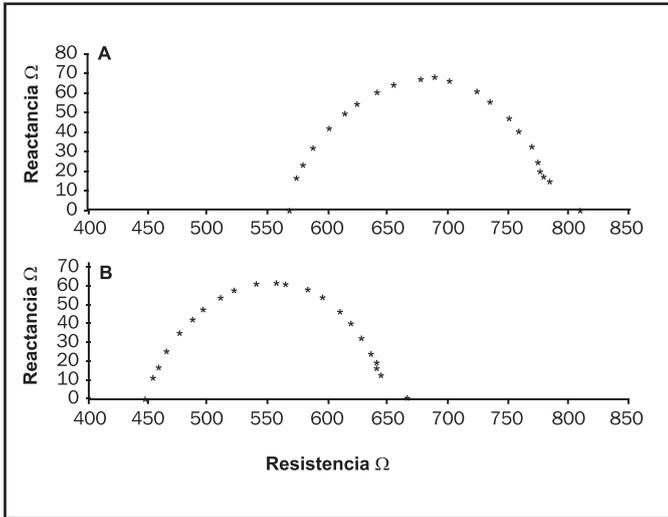
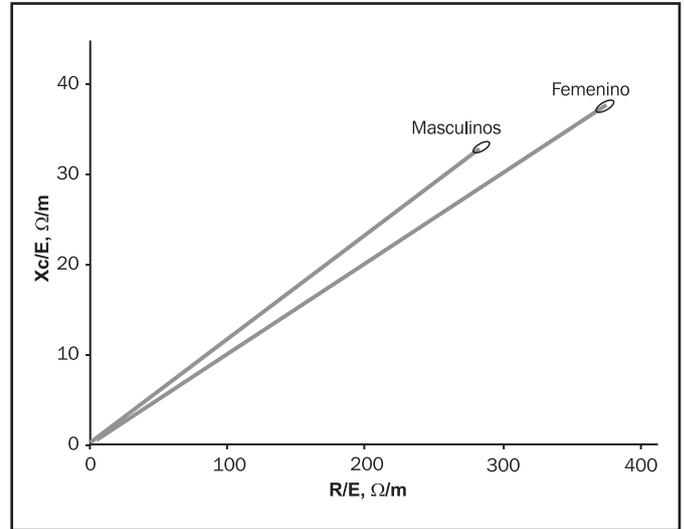


Figura 3. Vector bioimpedancia y elipse de confianza al 95% de la población deportiva cubana de ambos sexos.



membrana en su valor absoluto (C_m) y relativo (C_m/E) mostraron valores promedios significativos y mayores en el sexo masculino ($p = 0,00$).

El análisis gráfico del modelo Cole-Cole (Figura 2) evidenció diferencias entre las resistencias del sexo masculino y el femenino: El valor de R_{∞} fue inferior para el sexo masculino, mientras que la X_c se fue máxima coincidiendo con el valor R_{∞} para el sexo femenino. Por otra parte, se obtuvo que los valores R_c fueron considerablemente mayores en el sexo femenino, mientras que el valor máximo de X_c , a la frecuencia crítica, se alcanzaron a valores de resistencia óhmica muy superiores.

Características del vector BIVA a nivel poblacional y en relación con el IMC

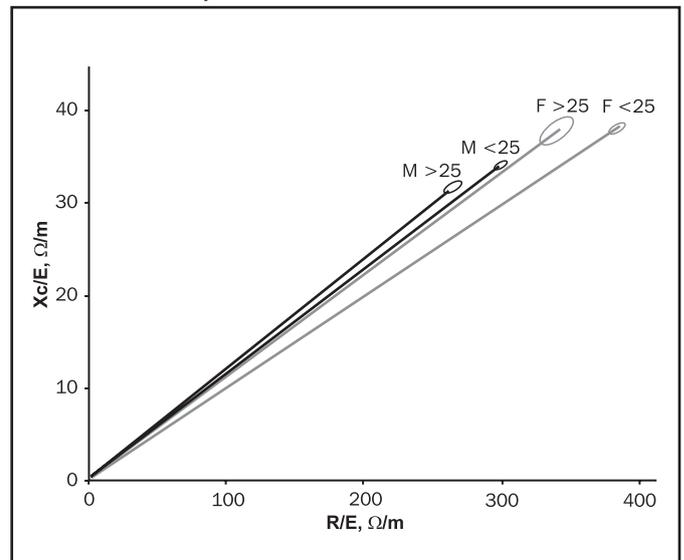
El resultado del análisis gráfico del BIVA se presenta en la Figura 3. Esta muestra los gráficos que forman los pares R/E vs X_c/E para cada sexo, donde la longitud media de los vectores, y la elipse de confianza reflejan las características de la composición corporal en población evaluada.

Al analizar la figura, el vector BIVA tuvo mayor longitud y mostró menor ángulo con respecto a las abscisas para el sexo femenino. La separación de las elipses de confianza entre ambos sexos confirmó las diferencias significativas entre estos al establecer el contraste T^2 de Hotelling ($p = 0,00$). Las deportistas del sexo femenino evidenciaron una elipse de mayor tamaño que los del sexo masculino, lo que reflejó gran heterogeneidad en las características del BIVA.

Los valores promedios del IMC para las categorías de $IMC > 25$ Kg/m^2 fueron de $27,0 \pm 2,0$ y $28,0 \pm 5,08$ Kg/m^2 para el sexo masculino y femenino, respectivamente. Para la categoría $IMC \leq 25$ Kg/m^2 fueron de $22,0 \pm 1,8$ y $21,6 \pm 2,1$ Kg/m^2 para el mismo orden de sexos.

Cuando se examinó visualmente el efecto del IMC sobre las características del vector BIVA (Figura 4), el sexo masculino mostró una menor longitud, independiente de la categoría del IMC ($M > 25$, $M \leq 25$), al ser comparado con el sexo femenino ($F \leq 25$ y $F > 25$). En el sexo masculino

Figura 4. Vector bioimpedancia y elipse de confianza al 95% de la población deportiva cubana de ambos sexos, según estratos del índice de masa corporal.



la longitud del vector fue inferior para los que tuvieron un IMC mayor a $25 Kg/m^2$ ($M > 25$), mientras que en el sexo femenino esta fue ligeramente mayor para los que tuvieron la misma categoría ($F > 25$).

Cuando se compararon las elipses de confianza que forman los pares R/E vs X_c/E , para cada sexo, se encontraron diferencias significativas entre los BIVA empleando la prueba de T^2 Hotelling ($p = 0,00$). Las deportistas del sexo masculino evidenciaron diferencias significativas entre categorías del IMC ($p = 0,00$), mientras que las deportistas del sexo femenino, de una u otra categoría del IMC, mostraron diferencias entre sí ($p = 0,00$).

Figura 5. Ploteo del Ángulo de fase normal comparando los valores del ángulo de fase con la distribución normal estándar para sujetos del sexo masculino (a la izquierda) y femenino (a la derecha).

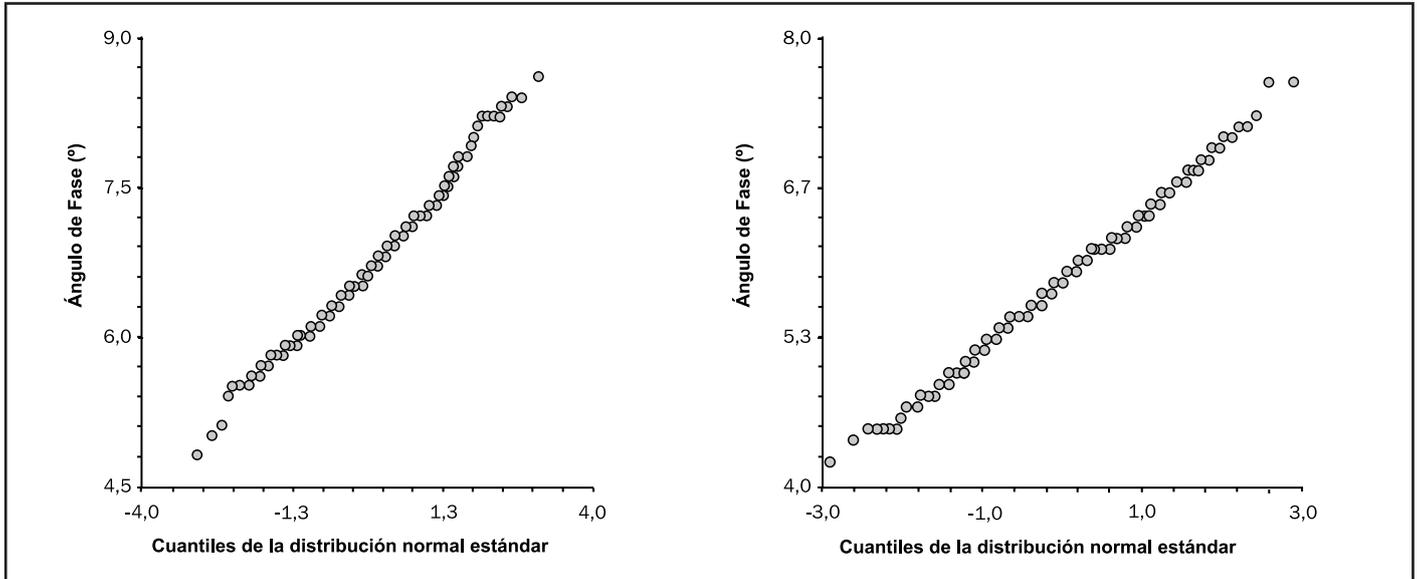
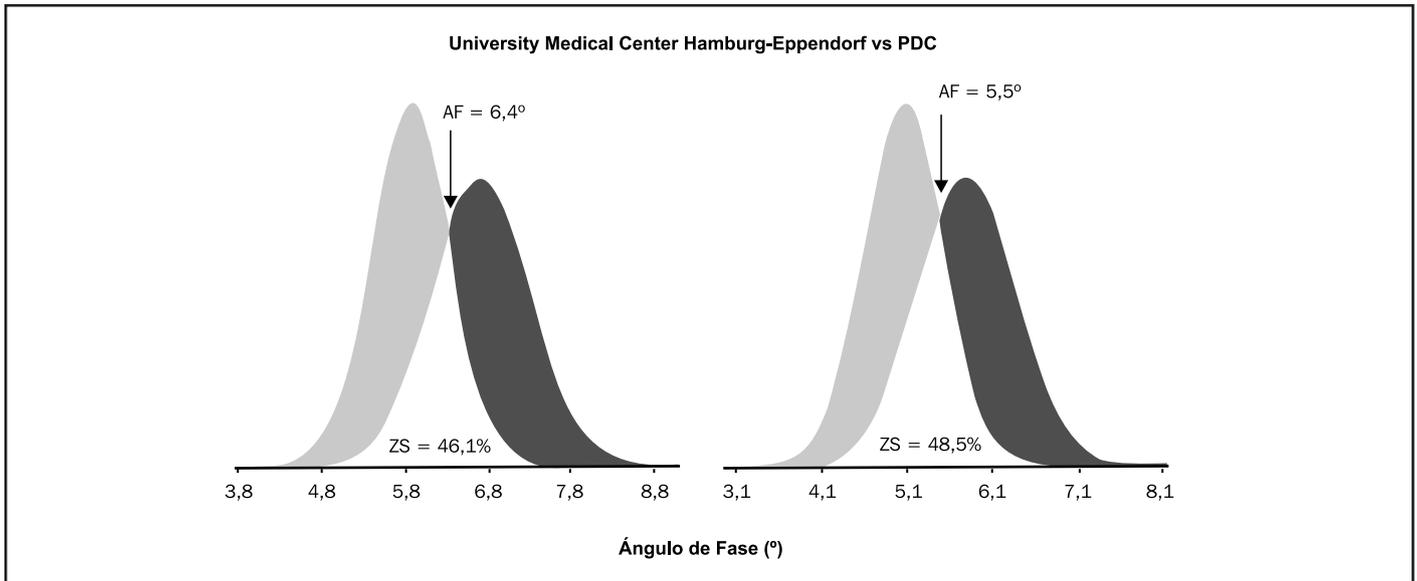


Figura 6. Zona de Superposición (ZS) entre la muestra del estudio University Medical Center Hamburg-Eppendorf y la PDC. La gráfica de la izquierda muestra la población del sexo masculino y la de la derecha la del sexo femenino para ambos estudios.



Características poblacionales del ángulo de fase

El valor promedio del AF del sexo masculino para la población estudiada ($6,7 \pm 0,6^\circ$) fue significativamente superior al del sexo femenino ($5,8 \pm 0,6^\circ$) ($p < 0,05$), mientras que los cuantiles 25, 50 y 75 para el sexo masculino ($6,2^\circ$ - $6,70^\circ$ - $7,1^\circ$) mostraron un rango de amplitud mayor al del sexo femenino ($5,5^\circ$ - $5,8^\circ$ - $6,2^\circ$).

Al contrastar los valores promedio del AF para el sexo masculino con el de una población alemana de referencia del mismo sexo ($n=528$, $AF=5,9 \pm 0,5^\circ$) se encontraron diferencias significativas ($p = 0,00$), mientras

que el sexo femenino mostró el mismo resultado cualitativo al comparar las poblaciones cubana y alemana ($n = 518$, $AF = 5,0 \pm 0,5^\circ$) ($P = 0,00$).

Una vez verificada la distribución normal del AF, de acuerdo al ploteo Q-Q que se encuentra en la Figura 5, se reflejó el análisis de superposición poblacional entre las poblaciones comparadas (Figura 6).

El sexo masculino mostró menor grado de superposición con respecto a la distribución de referencia (46,1%) que el sexo femenino (48,5%), no obstante la distribución para las poblaciones deportivas se encontraron desplazadas a la derecha de los valores de referencia, los valores de coincidencia de ambas distribuciones $6,4$ y $5,5^\circ$ coincidieron

Tabla 4. Percentiles para el vector impedancia y el ángulo de fase en población deportiva cubana de ambos sexos.

			X±DE	5	10	25	50	75	90	95
Z	Masculino	Ω	509,6±60,8	416,7	434,9	476,2	512,3	558,2	602,6	625,3
	Femenino	Ω	632,2±69,0	512,4	549,1	596,3	634,3	684,1	724,6	768,1
AF	Masculino	°	6,70±0,6	5,7	5,9	6,2	6,70	7,1	7,3	7,6
	Femenino	°	5,80±0,6	4,8	5,0	5,5	5,80	6,2	6,6	6,9

Tabla 5. Estadística descriptiva del vector impedancia y el ángulo de fase según deportes (X [CV]).

Deporte	Masculino				Femenino			
	IMC (Kg/m ²)	Z (Ω)	AF (°)	EVA	IMC(Kg/m ²)	Z (Ω)	AF (°)	EVA
Baloncesto	24,7 (10,6)	520,3 (7,9)	6,5 (7,4)	C5>C4	24,1 (10,7)	640,6 (7,9)	5,8 (8,2)	C5>C4
Balónmano	25,6 (11,4)	496,8 (12,7)	6,4 (7,2)	C3<C4	23,2 (9,6)	634,0 (10,7)	5,8 (8,8)	C4=C4
Béisbol	27,1 (13,5)	528,6 (14,1)	6,6 (11,0)	C5>C4	-	-	-	-
Boxeo	23,5 (12,0)	542,7 (10,9)	6,7 (7,4)	C5>C4	-	-	-	-
Canotaje	25,1 (6,2)	490,4 (7,8)	7,0 (5,7)	C4<C5	23,8 (7,8)	574,6 (10,3)	6,5 (4,8)	C3<C7
Esgrima	23,2 (9,2)	546,7 (9,5)	6,4 (8,5)	C5>C4	22,5 (9,7)	678,9 (7,5)	5,7 (8,5)	C5>C4
Fútbol	23,1 (7,1)	547,0 (8,6)	6,4 (7,3)	C5>C4	22,6 (8,4)	648,7 (11,5)	5,3 (10,4)	C5>C3
Gimnasia artística	22,8 (5,5)	494,2 (11,4)	7,0 (7,8)	C4<C5	21,2 (0,3)	668,6 (5,1)	7,0 (1,3)	C5<C8
Gimnasia rítmica	-	-	-	-	18,7 (5,1)	738,6 (8,5)	5,1 (6,8)	C7>C3
Halterofilia	29,5 (15,2)	423,8 (10,6)	7,7 (7,6)	C2<C8	27,0 (16,4)	554,7 (10,0)	6,8 (7,1)	C3<C7
Hockey	23,4 (8,3)	538,6 (8,0)	6,6 (8,5)	C5>C4	22,3 (7,7)	639,4 (7,3)	5,6 (8,9)	C5>C4
Judo	27,6 (23,2)	471,5 (9,9)	6,8 (8,5)	C3<C5	25,3 (19,1)	550,2 (9,6)	6,2 (8,8)	C3<C5
Lucha	26,6 (8,2)	464,1 (8,9)	7,0 (6,9)	C3<C5	24,9 (8,7)	565,1 (9,5)	6,2 (8,0)	C3<C5
Nado sincronizado	-	-	-	-	19,1 (8,5)	703,3 (6,6)	5,6 (6,2)	C6>C4
Patinaje artístico	23,3 (2,4)	483,5 (5,2)	6,8 (2,6)	C3<C5	23,0 (5,0)	628,3 (6,0)	5,0 (5,7)	C4>C2
Patinaje de carrera	22,4 (8,2)	542,0 (6,9)	6,7 (6,5)	C5>C4	22,6 (0,3)	670,0 (4,3)	6,1 (9,1)	C5=C5
Pelota vasca	25,0 (9,8)	512,8 (7,0)	6,6 (9,3)	C5>C4	23,8 (10,2)	645,2 (8,9)	5,7 (6,8)	C5>C4
Pentatlón	22,7 (10,6)	543,5 (9,9)	6,5 (9,9)	C5>C4	22,4 (4,4)	663,2 (8,6)	6,0 (9,9)	C5=C5
Polo acuático	25,6 (7,7)	498,7 (9,4)	6,5 (7,0)	C4=C4	-	-	-	-
Remo	24,7 (8,0)	504,9 (7,3)	6,6 (7,8)	C4=C4	22,1 (7,1)	625,3 (6,7)	5,8 (7,0)	C4=C4
Tenis de mesa	24,4 (11,6)	554,2 (14,8)	6,6 (8,0)	C5>C4	22,8 (4,8)	650,4 (7,0)	5,7 (9,5)	C5>C4
Tiro deportivo	25,6 (13,4)	554,6 (12,4)	6,2 (8,7)	C5>C3	23,8 (13,9)	707,4 (7,9)	5,0 (11,4)	C6>C2
Triatlón	23,9 (7,0)	482,6 (7,0)	7,8 (4,2)	C4<C8	21,4 (6,6)	625,3 (3,2)	5,9 (2,6)	C4<C5
Vela	22,3 (8,3)	558,4 (11,0)	6,5 (6,1)	C6>C4	22,8 (7,0)	596,0 (9,0)	5,7 (11,2)	C3<C4
Voleibol	22,7 (8,0)	550,3 (8,3)	6,3 (6,3)	C5>C4	20,6 (6,6)	667,8 (8,0)	5,6 (5,3)	C5>C4
Voleibol de playa	22,8 (10,8)	550,5 (9,1)	6,3 (7,5)	C5>C4	22,2 (6,9)	642,7 (4,9)	6,0 (8,0)	C5=C5

con el 25 percentil de las distribuciones de ambos del sexo masculino y femenino, respectivamente.

Valores de referencia para el vector impedancia corporal y el ángulo de fase por deportes

La Tabla 4, refleja la gama percentilar de Z y el AF a nivel poblacional. Las diferencias entre sexos aparecen reflejadas de manera descriptiva en cada percentil de la gama.

La Tabla 5 muestra la estadística descriptiva del IMC, el vector Z y del AF, así como la evaluación correspondiente a su distribución percentilar por deportes de acuerdo a la Tabla 4.

Desde el punto de vista descriptivo, los deportistas de halterofilia, judo, beisbol, lucha, polo acuático, balónmano y canotaje mostraron los valores promedio más elevados para el IMC en el sexo masculino, mientras que la halterofilia, el judo la lucha, baloncesto y el canotaje mostraron mayores valores promedio en el sexo femenino.

Por otra parte, los deportistas de halterofilia, lucha, judo, patinaje, triatlón, gimnasia artística y canotaje mostraron un valor promedio del vector Z más discreto que el resto de los deportes en el sexo masculino. Coincidentemente los deportistas de triatlón, canotaje, gimnasia artística, lucha, judo, patinaje artístico y halterofilia tuvieron valores promedios más elevados para el AF que el resto de los deportes.

Al establecer las características individuales de los parámetros Z y AF, de acuerdo a los estándares de la Tabla 4, los deportistas de halterofilia y triatlón quedaron ubicados en los canales percentilares C2 y C4 para la longitud de Z y C8 para el estimado promedio del ángulo de fase (Tabla 5).

En el sexo femenino, los deportistas de halterofilia, lucha, judo, triatlón, y canotaje mostraron un valor promedio del vector Z más discreto que el resto de los deportes. Coincidentemente los deportistas de canotaje, gimnasia artística, lucha, judo y halterofilia tuvieron los valores promedios más elevados para el AF.

La distribución percentilar del valor promedio estimado para cada deporte arrojó valores más extremos de Z y AF fueron los de halterofilia y canotaje quienes se ubicaron en el canal C3 para la longitud de Z y C7 para el estimado promedio del AF, mientras que la distribución de las de gimnasia rítmica fue opuesta. Las deportistas de gimnasia artística mostraron una distribución C5<C8 (Tabla 5).

Discusión

Esta investigación promueve el uso de parámetros bioeléctricos de la composición corporal a través de BIA. La misma, establece los estándares en una población específica no estudiada con anterioridad bajo esta tecnología.

Se encontró un claro dimorfismo sexual en los parámetros estudiados, así como diferencias entre sujetos con diferente nivel del Índice de Masa Corporal y pertenecientes a distintos deportes. Esto se encuentra en concordancia con lo apreciado en la literatura especializada para sujetos sanos^{15,16}.

Al comparar los valores obtenidos en cada sexo, las diferencias absolutas y relativas encontradas en la R y la Xc reflejaron que existió dimorfismo sexual, basado en los parámetros estudiados. Núñez *et al.*¹⁶ consideraron que una menor R favorece el mayor riego sanguíneo, facilitado por la mejor conducción de la corriente, tanto en el medio extracelular como intracelular.

Por otra parte, estos autores¹⁶ refirieron que una mayor capacidad de membrana, refleja un mayor volumen de las fibras musculares, debido a que este parámetro se relaciona con el área y el grosor de las membranas celulares del organismo, mientras que el menor valor del área bajo la curva, coincidentemente con la R y el radio, pudiera deberse a un mayor número de mitocondrias para producir energía; resultado que proporciona al músculo un metabolismo oxidativo más eficaz y permitiría, al rendir en mayor medida, optimizar su rendimiento en el sexo masculino.

Así mismo, la representación gráfica del fenómeno, a través del diagrama Cole-Cole, facilitó el entendimiento del dimorfismo, aportando información acerca de que una menor resistencia extracelular e intracelular para el sexo masculino, refiere una mayor hidratación de los compartimentos extra e intracelular de este sexo¹⁶.

La hiperhidratación o deshidratación puede evaluarse a partir del acortamiento o alargamiento del vector impedancia, mientras la variación de la cantidad de tejidos blandos a través de la variación del ángulo de fase^{5,15,17}. En este sentido se observó una mayor hidratación del sexo masculino, independiente del valor del IMC. Este indicador también fue predictor del estado de hidratación al establecer que quienes mostraron un mayor IMC estuvieron más hidratados, independiente del sexo.

Por otra parte, con el análisis del vector BIVA se confirmaron las diferencias en la composición corporal entre ambos sexos. La menor longitud del vector, asociado a un alto valor de IMC sugirió menos masa grasa, mientras que la elipse de menor tamaño indicó mayor uniformidad en la composición corporal para el sexo masculino en cualquiera de las representaciones gráficas realizadas.

Los valores promedio encontrados para el AF en la presente investigación (6,7° y 5,8°) fueron muy inferiores a los reportados por Barbosa-Silva *et al.*¹⁸ para la población americana del sexo masculino (8,02°) y femenino (6,98°), mientras que los valores encontrados en población alemana¹⁹ para el sexo masculino (6,89°) y femenino (5,98°) fueron similares a los estimados obtenidos en esta investigación. Kyle *et al.*²⁰ reportaron valores de 7,5° y 6,6° para la población Suiza del sexo masculino y femenino, respectivamente. Los valores encontrados en la presente investigación coincidieron con los valores reportados en la población americana para la tercera edad, y con los encontrados en la población alemana y suiza entre 50 y 60 años, aproximadamente¹⁸.

En población deportiva han sido reportados escasos valores relativos al AF. Uno de los estudios encontrados reportó valores de 6,62° y 6,28° para jugadoras de voleibol de la República Checa y la Federación Rusa, superiores a los encontrados para voleibolistas cubanas del mismo nivel competitivo en la presente investigación (5,6°)¹¹. Otra investigación reportó valores de 7,0° y 7,7° para deportistas españolas pre juvenil y juveniles de nado sincronizado²¹.

Aunque un valor elevado para el ángulo de fase evidencia desarrollo de la masa celular y buen estatus nutricional, los autores consideran que las diferencias encontradas a nivel poblacional en la literatura, evidencian que este es buen discriminante entre individuos de diferente origen étnico y constitución física^{7,8,15-17}. De ahí que, las diferencias encontradas entre las jugadoras de voleibol estudiadas, las rusas y las checas no sean definitorias en este análisis. Al igual sucede para las deportistas de nado sincronizado españolas, quienes mostraron valores muy superiores a la mayoría de los deportistas cubanos²¹.

La comparación realizada con el estudio matriz de la University Medical Center Hamburg-Eppendorf evidenció que existen diferencias poblacionales para la evaluación del ángulo de fase. Mientras en la población alemana los rangos de normalidad se encuentran entre 5,03-6,73° y 4,28-5,82° para evaluar al sexo masculino y femenino¹⁴, la presente investigación arrojó valores entre 6,02-7,1° y 5,5-6,2°. Esto sugiere que los puntos de corte que poseen los analizadores como SECA mBCA son específicos de la población alemana de referencia y sobrestiman la evaluación cualitativa de la población deportiva.

A nivel individual, se evidenció que con la relación Z-AF se realiza una discriminación adecuada del estatus de hidratación y el nivel nutricional presentado. El análisis de casos extremos como la gimnasia rítmica y la halterofilia en el sexo femenino, evidencian que para las deportistas de gimnasia rítmica un vector Z ubicado en uno de los canales más altos

(C7) y un AF ubicado por los canales más bajos (C3) representan bajos niveles de hidratación y de masa celular respaldados por el más bajo valor del IMC existente. Para la halterofilia se encontró una hidratación elevada y una alta calidad celular, basada en una mayor masa celular y proteínas estructurales intersticiales hidrófilas, o mejor estado nutricional, lo que sugiere que el IMC elevado puede reflejar hipertrofia y no obesidad. En el sexo masculino, la halterofilia mostró el mismo resultado que en su homólogo femenino, mientras que los deportistas de vela mostraron un AF promedio (C4) con un mayor tamaño del vector Z que refleja la menor cantidad de fluidos corporales en estos.

Los resultados encontrados a nivel individual se corresponden con los descritos por Kim *et al.*¹⁷ quien pudo establecer la relación entre el vector Z y el AF con el tipo corporal estimado por el somatotipo y el IMC. Para este autor, bajos valores de R y altos del AF están asociados a deportistas de gimnasia artística, mientras que bajos de AF y altos de R se corresponden con deportistas de gimnasia rítmica, danza y ballet.

La principal limitación que posee la presente investigación radica en el hecho de que no se contrastaron los resultados con los de la población general, lo que impide establecer los límites de la adaptación a la práctica del deporte en el entorno que se investiga. Por otra parte, dada la extensión de la investigación no se pudo especificar el impacto del factor deporte sobre las características del vector BIVA, lo que hubiera arrojado más detalles sobre las características tisulares, celulares y moleculares de la composición corporal bajo los diferentes regímenes de entrenamiento.

A pesar de lo señalado, la investigación aporta resultados que pueden ser utilizados como referencia en la práctica clínica y médico-deportiva, así como en investigaciones que se quieran llevar a cabo con mayor confiabilidad que cuando se emplean las ecuaciones indirectas disponibles en los analizadores, pues estos están exentos de asunciones para su determinación.

Conclusiones

A través de los valores de referencias aportados se pudo evaluar el poder discriminatorio de los parámetros bioeléctricos de la Bioimpedancia, así como su utilidad en el análisis de la composición corporal de la población deportiva. El estudio mostró que la variabilidad de los parámetros bioeléctricos Impedancia Corporal, Resistencia, Reactancia, Ángulo de fase y del Análisis del Vector Bioimpedancia dependió del género, de las características de la masa corporal de la población estudiada, y del deporte.

Bibliografía

1. Alvero-Cruz JR, Correas-Gómez L, Ronconi M, Fernández-Vázquez R, Porta-Manzañedo JL. La Bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Rev Andal Med Deporte*. 2011;4(4):167-74.

2. Llamas L, Baldomero V, Iglesias ML, Rodota LP. Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; estado nutricional y valor pronóstico. *Nutr Hosp*. 2013;28(2):286-95.
3. Cole KS, Cole RH. "Dispersion and absorption in dielectrics". *J. Chem. Phys.* 1941;9:341-51.
4. Simić-Krstić JB, Kalauzi AJ, Ribar SN, Matija LR, Misevic GN. Electrical properties of human skin as aging biomarkers. *Exp Gerontol*. 2014;57:163-7.
5. Micheli ML, Pagani L, Marella M, Gulisano M, Piccoli A, Angelini F, Burtscher M, Gatterer H. Bioimpedance and Impedance Vector Patterns as Predictors of Male Elite Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:532-9.
6. Marini E, Buffa R, Saragat B, Coin A, Toffanello ED, Berton L, Manzano E, Sergi G. The potential of classic and specific bioelectrical impedance vector analysis for the assessment of sarcopenia and sarcopenic obesity. *Clin Interv Aging*. 2012;7:585-91.
7. Kyle UG, Genton L, Pichard C. Low phase angle determined by bioelectrical impedance analysis is associated with malnutrition and nutritional risk at hospital admission. *Clin Nutr*. 2013;32(2):294-9.
8. Buffa R, Mereu E, Comandini O, Ibañez ME, Marini E. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessment of two-compartment body composition. *Eur J Clin Nutr*. 2014;68:1234-240.
9. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Localized bioimpedance to assess muscle injury. *Physiol Meas*. 2013;34(2):237-45.
10. Peine S, Knabe S, Carrero I, Brundert M, Wilhelm J, Ewert A, *et al*. Generation of normal ranges for measures of body composition in adults based on bioelectrical impedance analysis using the Seca mBCA. *IJBCR*. 2013;11(3):67-76.
11. Utter AC, McAnulty SR, Riha BF, Pratt BA, Grose JM. The validity of multifrequency bioelectrical impedance measures to detect changes in the hydration status of wrestlers during acute dehydration and rehydration. *J Strength Cond Res*. 2012;26(1):9-15.
12. Maly T, Mala L, Zahalka F, Balaš J, Čada M. Comparison of body composition between two elite women's volleyball teams. *Acta Univ Palacki Olomuc Gymn*. 2011;4(1):15-22.
13. ISAK. International Standards for Anthropometric Assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. 2011; p.139.
14. Norton K, Olds T. Morphological evolution of athletes over the 20th century: causes and consequences. *Sports Med*. 2001;31(11):763-83.
15. Koury JC, Trugo N, Torres AG. Phase angle and bioelectrical impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(5):798-04.
16. Núñez AI, Román A, Lara A, Morales R, Marañón M, Castillo J, *et al*. Modificaciones de parámetros bioeléctricos después del entrenamiento en atletas de béisbol. *Bio & Fis. Med Cubana*. 2004;37-43.
17. Kim CH, Park JH, Kim H, Chung S, Park SH. Modeling the human body shape in bioimpedance vector measurements. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2010:3872-4.
18. Barbosa MC, Barros AJ, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN Jr. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr*. 2005;82(1):49-52.
19. Bosty-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer RP, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN J Parenter Enterai Nutr*. 2006;30(4):309-16.
20. Kyle UG, Genon L, Karsegard VL, Raguso CA, Dupertuis YM, Pichard C. Percentiles (10,25,75 and 90th) for phase angle (PhA), determined by bioelectrical impedance analysis (BIA) in healthy adults aged 20-75 yr [abstract]. *Clin Nutr*. 2004;23:758.
21. Irurtia A, Carrasco M, Rodríguez L, Iglesias X, Brotons D, Rodríguez FA. Bioelectrical impedance vector migration induced by training in young competitive synchronized swimmers. En: Mason B. (Ed.). *Proceedings of the XIIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine In Swimming*. Canberra: Australian Institute of Sport; 2014.p.426-430.

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

Actividad electromiográfica (EMG) durante el pedaleo, su utilidad en el diagnóstico de la fatiga en ciclistas

Alfredo Córdova¹, Iván Nuin², Diego Fernández-Lázaro², Ibán Latasa³, Javier Rodríguez-Falces³

¹Departamento de Bioquímica, Biología Molecular y Fisiología. Facultad de Fisioterapia. Campus Universitario de Soria. Universidad de Valladolid. Soria. ²Consulting de Recuperación Global. Bilbao. ³Departamento de Ingeniería Electrónica y Eléctrica. Universidad Pública Navarra, Pamplona.

Recibido: 25.01.2017

Aceptado: 16.03.2017

Resumen

La fatiga muscular tiene múltiples definiciones, pero con una misión especial cual es la misión protectora, avisando al organismo sobre la debilidad o la aparición de una incapacidad funcional. En esta revisión se hace un análisis de las aplicaciones de la electromiografía (EMG) como técnica para comprender los patrones de activación musculares durante el pedaleo y la aparición de fatiga muscular.

Se ha realizado una revisión en la cual se analizan las variaciones de la actividad EMG durante las fases del pedaleo. El movimiento del pedaleo ha sido estudiado exhaustivamente y se ha llegado a distinguir 4 fases en el pedaleo que originan la propulsión y el recobro. Mediante el uso de la EMG se pueden describir los patrones de activación típicos, en cuanto al nivel de actividad y el tiempo de activación de los principales músculos de las extremidades inferiores. La actividad muscular y la coordinación pueden variar entre personas a lo largo de un solo ciclo de pedaleo y entre diferentes ciclos de la misma persona. También se examinan los principales factores que pueden influir en estos patrones EMG durante las fases del pedaleo. Asimismo, se describe la influencia de factores como la potencia de salida, cadencia o frecuencia de pedaleo, pendiente y postura, interfaz calzado pedal, nivel de entrenamiento y fatiga muscular, que producen alteraciones en el tiempo de activación y coordinación muscular.

Palabras clave:

EMG. Pedaleo. Ciclismo. Fatiga.

En conclusión, la EMG permite detectar la aparición de la fatiga muscular, bien de origen central o periférico. También, estimar el umbral de fatiga de neuromuscular a partir de la amplitud EMG durante un test incremental en un cicloergómetro. Al aumentar de la amplitud para intentar mantener la fuerza y una disminución del espectro de frecuencias.

Electromyographic (EMG) activity during pedaling, its utility in the diagnosis of fatigue in cyclists

Summary

Muscle fatigue has multiple definitions, but with a special mission what is the protective mission, warning the body about weakness or the appearance of a functional disability. In this review, we present the applications of Electromyography (EMG) as a technique to gain insight into the activation patterns during cycling and the onset of fatigue.

A narrative review has been carried out in which analysis of the EMG activity during the different phases of the pedal cycle. The movement of the pedal has been studied exhaustively and has been able to distinguish 4 phases in the pedaling that originate the propulsion and the recovery. By using the EMG it is possible to describe the typical activation patterns in terms of the activity level and activation time of the main muscles of the lower limbs. Muscle activity and coordination can vary between people throughout a single cycle of pedaling and between different cycles of the same person. Moreover, we examine the main factors that can influence these electromyographic patterns during the pedal cycle. We also describe the influence of factors such as output power, cadence or frequency of pedaling, slope and posture, foot pedal interface, training level and muscle fatigue that produce alterations in the time of activation and muscular coordination.

In conclusion, we believe that EMG can detect the occurrence of muscle fatigue, either of central or peripheral origin. The method used to estimate the neuromuscular fatigue threshold from the EMG amplitude during an incremental test on a cycle ergometer is presented. In general there is an increase in amplitude to try to maintain the force and a decrease in the frequency spectrum.

Key words:

EMG. Pedaling. Cyclism. Fatigue.

Correspondencia: Alfredo Córdova Martínez

E-mail: a.cordova@bio.uva.es

Introducción

La fatiga muscular tiene múltiples definiciones, aunque podríamos asumir la siguiente "la disminución en el rendimiento físico asociado a un aumento real y/o a la dificultad percibida al realizar una tarea o ejercicio"¹⁻³. En realidad tiene una misión protectora, avisando al organismo sobre la debilidad en las reservas energéticas o que empieza a aparecer una incapacidad funcional¹⁻³.

Este signo/síndrome tan frecuente, se presenta con mayor énfasis en el deportista. Dentro de los deportes es mucho más evidente y fácil de evaluar y diagnosticar en deportes individuales como es el ciclismo. Por ello, el objetivo de esta revisión es conocer el comportamiento electromiográfico y su utilidad en el diagnóstico de la fatiga. Hemos de decir que la electromiografía (EMG) es una técnica cada vez más usada en electrofisiología como medio de valoración del comportamiento muscular y especialmente en el diagnóstico de la fatiga.

Durante el proceso de la contracción muscular se producen una serie de acontecimientos dominados por órdenes cerebrales que desembocan en los puentes cruzados de actina-miosina, por lo que la fatiga puede estar asociada a alteraciones en el sistema nervioso central (SNC) o por causas asociadas a la actividad contráctil¹⁻³. Por ello, desde un punto de vista práctico podemos distinguir dos tipos de fatiga, que van a intervenir directamente en el proceso de contracción muscular: a) fatiga central o de regulación, donde la causa se sitúa por encima de la placa motora, provocando una disminución de la activación voluntaria del músculo que es debida a una disminución del número y tasas de descarga de las unidades motoras (UMs), reclutadas al inicio de la generación de la fuerza muscular; b) fatiga periférica o de efectuación, que afecta a estructuras por debajo de la placa motora, produciéndose una disminución en la fuerza muscular de contracción de las fibras musculares y cambios en los mecanismos que subyacen a la transmisión de los potenciales de acción muscular¹⁻³.

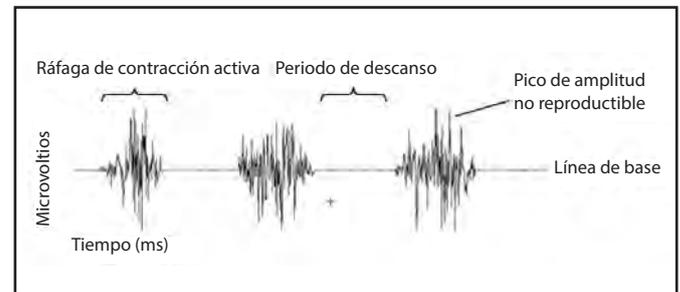
Durante las contracciones sostenidas en esfuerzos máximos o submáximos se produce fatiga central y periférica, mientras que en contracciones intermitentes sólo se produce fatiga central. La fatiga es más evidente en esfuerzos máximos, si es un esfuerzo submáximo o hay suficiente descanso entre contracciones se produce solamente fatiga periférica^{2,3}.

Algunos conceptos de la electromiografía (EMG)

La EMG es una medida de valoración indirecta de la actividad muscular, ya que detecta la actividad eléctrica que se genera por el paso del impulso nervioso que provoca un potencial de acción en la membrana de la célula muscular. Este potencial está compuesto por tres fases: la despolarización de la membrana, la repolarización y un periodo de hiperpolarización, generando un campo eléctrico que es recogido por los electrodos de EMG^{4,5}.

En estudios dinámicos las unidades motoras de activación (UMAs) detectables en el lugar donde está colocado el electrodo, se superponen eléctricamente, observándose como una señal bipolar con una distribución simétrica de amplitudes negativas y positivas. La señal que

Figura 1. Características de la Raw Signal o señal bruta.



se obtiene sin filtrar es la llamada "Raw signal o señal bruta" que está compuesta por periodos de contracción y relajación. En el periodo de relajación observamos la línea de base EMG, que depende de muchos factores (calidad del amplificador, ruido ambiente y la calidad de la condición de detección dada), y si estos factores están en márgenes adecuados la línea no debe ser superior a 3-5 microvoltios⁶ (Figura 1).

La calidad de la señal tiene muchos factores que pueden alterarla como son: las características del tejido; la diafonía fisiológica o "cross talk", es decir, la posibilidad de registrar señales de otros músculos cercanos al estudiado, que se produce principalmente con los electrodos de superficie; los cambios en la geometría entre el vientre muscular y la zona de los electrodos; y los ruidos externos⁶.

En el proceso de la cuantificación de la señal hay que tener en cuenta que existen muchas variables que pueden afectarla como son:

- *Variables de frecuencia.* El espectro de frecuencias nos muestra la frecuencia de actuación de las UMAs durante la acción analizada. En la EMG esta frecuencia oscila entre 10 y 250 Hz⁶. En el análisis de la frecuencia podemos extraer varios valores: frecuencia media, que es el promedio de todas las frecuencias; y la frecuencia mediana (MF), frecuencia a la que el espectro es dividido en dos regiones de igual potencia⁴. Además hay otras medidas de frecuencia que no están basadas en el espectro de frecuencias como son el "cruce por cero" (número de veces que la señal bruta cruza la línea de base), que se relaciona con la fuerza de contracción; el "número de giros" (punto donde la dirección de la señal cambia tras una diferencia de potencial de más de 100 mV).
- *Variables de amplitud.* Se estudia la "integración de la señal" que es la cantidad total de actividad muscular en un intervalo de tiempo. La "curva envolvente" se obtiene tras la rectificación de las señales. Para que sea válida debe realizar el registro a frecuencias de muestreo altas^{4,6} (Figura 2).

También se valora el poder eléctrico de la señal electromiográfica, es decir el "root mean square" o línea media cuadrática (RMS), que es la raíz cuadrada del área entre el cuadrado de la señal y el tiempo computado en un intervalo de tiempo dividido entre dicho tiempo. No necesita rectificación, se obtiene en tiempos variables según la actividad estudiada y aporta mayor información que la señal integrada^{4,6}.

Por último, se necesita llevar a cabo una normalización de los datos, es decir expresarlos respecto a un valor de referencia obtenido, ya que los valores absolutos no representan el esfuerzo muscular.

En la señal recogida en el músculo influyen numerosos factores como, la variabilidad en el reclutamiento neural, grosor del tejido adipo-

Figura 2. Variables de amplitud. Registro de la señal rectificada (mV), la curva envolvente (mV) y la señal integrada (mV/s).

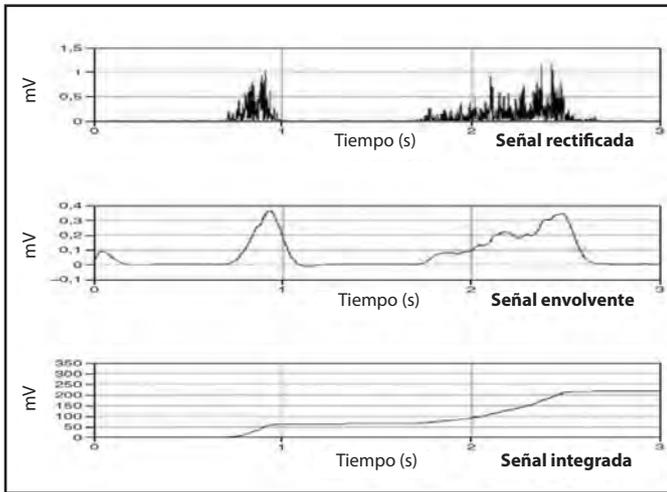
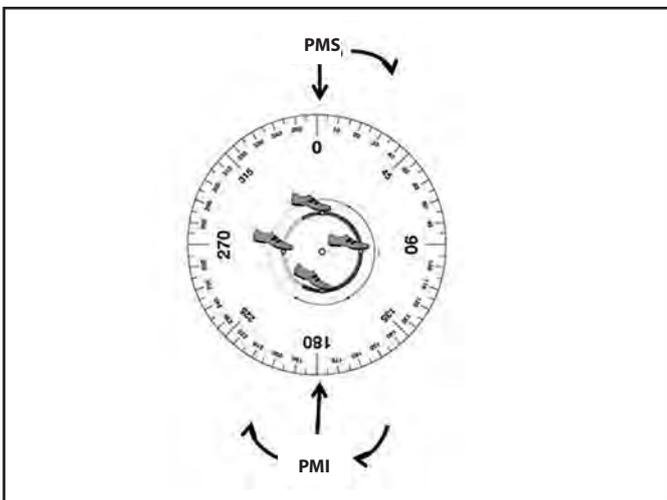


Figura 3. Fases durante el ciclo de pedalada.



PMS: punto muerto superior; PMI: punto muerto inferior.

so, longitud del músculo en reposo, área transversal muscular, velocidad de contracción, tipos de fibras, distancia interelectrodos, colocación de los electrodos, impedancia de la piel, etc.^{4,6}

Activación muscular en el pedaleo y normalización EMG

El movimiento del pedaleo ha sido estudiado exhaustivamente y se ha llegado a distinguir 4 fases en el pedaleo⁷, (Figura 3) que originan la propulsión y el recobro:

- **Fase I:** Va de 20° a 145° en relación con la vertical que pasa por el eje de pedalier. Durante esta fase el pie se extiende 30° sobre la pierna, la pierna se estira 70°, el muslo se estira en una amplitud de 44°. La extensión del muslo se debe a la acción de los músculos

glúteo mayor, al tensor de la fascia lata y a los isquiosurales. La extensión de la pierna se debe a la acción muscular del cuádriceps por medio del vasto externo y del crural. La extensión del pie se realiza mediante el tríceps sural y también con la colaboración de los grupos retromaleolares musculares interno y externo. Los músculos intrínsecos del pie no tienen efecto aparente;

- **Fase II:** Va de 145° a 215°. Es una fase de inversión en la cual se pasa de completar la extensión del miembro inferior a comenzar su flexión. De 180° a 215°, la orientación del pie permanece similar a la fase anterior (de 145 a 180°). Se observa una flexión del miembro inferior: la pierna se flexiona de 150° a 135° sobre el pie, la rodilla de 150° a 125° sobre el muslo, y éste se acerca 5° a la horizontal;
- **Fase III:** Es la fase opuesta a la fase I. Van de los 215° a los 325°; y
- **Fase IV:** De 325° a los 20°, que empezaría de nuevo la fase I. Los movimientos en esta fase son complejos. En el comienzo de esta fase, el pie está extendido a 140°, reflexionándose rápidamente a 105°, sin embargo los cambios de amplitud de rodilla y cadera son mínimos^{7,8} (Figura 3).

El patrón de activación muscular, se puede analizar en términos de nivel de actividad y/o tiempo de activación muscular. El nivel de actividad muscular se identifica mediante la respuesta motora simple (RMS) durante un ciclo completo (0°-360°) o durante el periodo de actividad muscular en las ráfagas EMG (EMG burst). Se promedian varios ciclos consecutivos de pedaleo para obtener la curva envolvente⁹⁻¹².

La actividad EMG se expresa en relación al registro de una breve contracción voluntaria máxima isométrica (CVMI) (<5 segundos)^{13,14}. Este método ha sido muy criticado ya que no se puede emplear para representar la conducción neuronal máxima en el pedaleo¹⁵. Hautier *et al.*¹⁶ observaron un nivel de actividad superior al 100% de la CVMI. Se han propuesto nuevos métodos de normalización que puedan ayudar mejorar la interpretación de las señales en los futuros estudios, pero en general y hasta la fecha no existe un acuerdo sobre el mejor método a adoptar¹⁷. De Luca¹⁸ y Yang y Winter¹⁹ indican que es más adecuado tomar como referencia contracciones submáximas mejor que máximas, ya que por encima del 80% de CVM la señal es inestable y la referencia no es fiable.

Caracterización de la activación de los patrones musculares del miembro inferior durante el pedaleo

El ciclismo es una actividad repetitiva que utiliza combinaciones coordinadas de los músculos de las piernas para aplicar fuerza a los pedales. La actividad muscular y la coordinación pueden variar entre personas a lo largo de un solo ciclo de pedaleo y entre diferentes ciclos de la misma persona^{20,21}. Por otra parte, la coordinación de la activación muscular de la pierna afecta a la dirección, magnitud y duración de la fuerza aplicada al pedal, que se refleja en el trabajo mecánico y la potencia del ciclista^{22,23}.

Para el estudio del patrón de activación muscular, resultan importantes en el registro EMG respecto a los ángulos del pedalier o ángulo de la biela, variables como el “onset o inicio de la actividad muscular” y “offset o fin de la actividad muscular”¹².

Blake *et al.*²⁴ indican que la eficiencia mecánica global en el ciclismo depende de los niveles de activación, la sincronización y la coordinación

de todos los músculos activos de las piernas y no de ningún músculo en particular. El tiempo y la coordinación de la activación muscular juegan un papel importante en la actividad muscular utilizada durante un ciclo de pedaleo. Varios autores^{10,12,13,24-26} han llevado a cabo análisis EMG del pedaleo. Houtz y Fischer²⁶ lo realizaron testando la mayor parte de la musculatura superficial del miembro inferior (a excepción del soleo) y afirmaron que estos se activan de forma ordenada y coordinada. Ericson¹³ mostró que una carga de trabajo de 120 W (aproximadamente el 54% de la potencia aeróbica máxima en su trabajo) induce un nivel de actividad EMG al 45%, 44% y 43% de la CVMI para vasto medial (VM), vasto lateral (VL) y soleo (SOL) respectivamente. Mientras que para los biarticulares, como el recto femoral (RF) y gastrocnemio lateral (GL) fue menor, 22% y 18% respectivamente¹³.

Durante la fase del pedaleo, el glúteo mayor (GMax) se activa desde el punto muerto superior (PMS) hasta aproximadamente 130°, estando dentro de la región del golpe de potencia (25-160°) (Figura 3)^{13,25,26}. Los vastos lateral y medial (VL y VM) se activan desde justo antes del PMS, hasta justo después de 90°. El inicio de la actividad del recto femoral (RF) es anterior a la de los vastos (unos 270°) y termina a casi 90°. La región de actividad del tibial anterior (TA) se produce en la segunda mitad de la fase ascendente (desde el punto muerto inferior (PMI) al PMS) de casi 270°. Los gastrocnemios (GAS) lateral y medial (GL y/o GM), dependiendo del estudio, comienzan justo después de que termine la activación del TA (unos 30°) y termina justo antes del inicio de la actividad del TA (aproximadamente 270°). El soleo se activa durante la fase descendente (de 0° a 180°) concretamente desde los 45° a los 135°^{13,25,26}.

Por el contrario existe mucha más controversia respecto a los isquiosurales, es decir, bíceps femoral (BF), semimembranoso (SM) y semitendinoso (ST). Dorel *et al.*¹² indican una región de activación menor, desde justo después del PMS al PMI, respecto a lo mostrado por Jorge y Hull²⁵ de alrededor del TDC a casi los 270°. De hecho Ryan y Gregor²⁷ observaron estos dos patrones diferentes para el BF durante el pedaleo. Dorel *et al.*¹² también observaron dos patrones de activación distintos para TA, GL y SOL.

Factores que pueden influir en los patrones EMG durante el pedaleo

- *La potencia de salida* (en vatios) puede verse modificada por la cadencia de pedaleo, la carga mecánica (es decir la resistencia impuesta por el cicloergómetro) o ambos⁹. Ericson¹³ observó un incremento de la actividad EMG de los principales músculos de la extremidad inferior (GMax, VL, RF, VM, BF, ST y GM), en ejercicios de carga constante realizados a diferentes intensidades. La potencia de salida aumento de 120 a 240 W (a una cadencia de 60 rpm) y propusieron que la actividad del GMax está influenciada por el nivel de carga de trabajo. Estos resultados fueron confirmados por Sarre *et al.*²⁸ en tres músculos extensores de rodilla (VM, VL y RF), a tres potencias de salida diferentes, expresadas como porcentaje de la potencia aeróbica máxima (60%, 80% y 100%). Sin embargo, otro estudio²⁵ mostró que a bajas intensidades y menor diferencia entre las potencias de salida (de 83 a 125 W), la actividad EMG de los GAS parece no cambiar. Esto fue confirmado durante un ejercicio progresivo de pedaleo, donde la actividad EMG del GM no variaba

hasta aproximadamente el 70% de la potencia aeróbica máxima. Farina *et al.*²⁹ mediante el empleo de un nuevo método (ocho electrodos en disposición lineal) en dos músculos de la extremidad inferior (VM y VL) demostraron que la velocidad de conducción de la fibra muscular aumenta respecto a la carga, produciéndose un elevado y progresivo reclutamiento de las unidades motoras de velocidad de conducción elevada con el aumento de la fuerza.

- *Cadencia o frecuencia de pedaleo*. Varios autores han cuantificado el nivel de actividad EMG en la musculatura de la extremidad inferior durante diferentes cadencias de pedaleo, aceptando que es un factor importante que afecta al rendimiento en el ciclismo^{13,14,29-32}. Por su parte, Baum y Li³³ investigaron los efectos de la frecuencia y la inercia en la actividad EMG de la musculatura del miembro inferior durante diferentes cadencias de pedaleo (60, 80 y 100 rpm) a una misma potencia de salida de 250 W. Todos los músculos, excepto los GAS mostraron diferencias significativas en el inicio de la actividad (onset) respecto al eje del pedalier y todos menos el SOL mostraron una tendencia significativa lineal, ya que el inicio de la actividad se produjo antes con el aumento de la cadencia. En cuanto al final de la actividad (offset), GMax, RF, BF y VL mostraron diferencias significativas y se vieron diferencias en TA, GAS y SOL. Respecto a la duración de la actividad del BF, esta disminuyó, mientras que la del TA y RF aumentaron. Además, a nivel articular se observaron cambios en el inicio de la actividad (29° GMax, 19° VL, 16° TA, 4° SOL) y en el final (20° GMax, 23° VL, 9° TA y 5° SOL). De modo que el cambio de velocidad de movimiento y la alteración de la inercia afecta a la actividad y coordinación de la musculatura del miembro inferior durante el ciclo de pedaleo^{33,34}.
- *La pendiente y la postura*. El pedaleo en pendiente también es importante en el ciclismo de ruta, ya que va producir cambios en las fuerzas gravitatorias y además suele ir acompañado de alternancia entre la postura sentada y de pie⁹. Li y Caldwell³⁰ fueron los primeros en estudiar el patrón de actividad EMG de los músculos de las extremidades inferiores con respecto a la pendiente (0% a 8%), no observando cambios significativos en su patrón de activación. Este resultado fue confirmado más tarde por Duc *et al.*¹⁰ a pendientes de 4%, 7% y 10%.

A diferencia de la pendiente, el cambio de postura en el pedaleo sentado a de pie, afecta a la intensidad y el tiempo de actividad EMG de los principales músculos implicados^{10,30}. Li y Caldwell³⁰ observaron una mayor activación del GMax, RF y TA, y mayor duración de GMax, RF y VL. Estos autores sugieren que la mayor y más mantenida activación del GMax era debido a que la postura de pie obliga a estabilizar la pelvis, al no tener el soporte del sillín. Además, Duc *et al.*¹⁰ observaron una mayor activación y duración de la actividad EMG de los músculos de la extremidad inferior, a excepción de los que cruzan la articulación del tobillo (GAS, SOL y TA). La duración de la actividad EMG del GMax de pie fue mayor y supusieron que podría ser debido a los balanceos laterales. Estos datos ya habían sido observados por Li y Caldwell³⁰ a excepción de tres músculos (GMax, RF y BF) que no ocurrieron en el estudio de anterior.

En el estudio de Duc *et al.*¹⁰ el RF mostro un aumento significativo de la actividad EMG en la segunda fase del impulso (entre 90° y

180°) mientras que en el estudio de Li y Caldwell³⁰ el incremento fue menor. Estos lo achacaron a la necesidad de aumentar el momento extensor en la posición de pie, en que los extensores de rodilla monoarticulares más débiles (VM y VL) pueden necesitar la ayuda del RF para extender con fuerza la rodilla. Además de que el RF puede actuar en sinergia con el GMax para estabilizar la pelvis. En cuanto a la mayor actividad EMG del BF observada por Duc *et al.*¹⁰ respecto al estudio de Li y Cadwell³⁰ podría ser debido a la coordinación muscular empleada por los ciclistas en el pedaleo de pie, asociado a una técnica de pedaleo específica. En unos casos el BF se activa con la extensión de cadera y rodilla (durante la fase descendente 0°-180°) y en otros casos la actividad se asocia con la flexión de cadera y rodilla, comenzando mucho antes de los 0° y cesando aproximadamente a los 130°. Se podría asociar también a la necesidad de generar mayor fuerza de empuje durante la fase ascendente del pedal³⁵ o para ayudar al GMax y RF a estabilizar la pelvis¹⁰.

Referente a la actividad del músculo SM, se observó una disminución de la actividad EMG, cuando siendo agonista del BF se esperarían respuestas similares. La hipótesis sería que este músculo actuaría más en la flexión de rodilla que en la extensión de cadera¹⁰. El mayor momento flexor plantar mostrado en ambos estudios durante el pedaleo de pie, planteó la hipótesis de que al retirar el apoyo del sillín se aumentan las fuerzas gravitacionales sobre el pedal, cayendo más peso sobre el pedal durante la fase descendente. El uso de la gravedad junto con la fijación del tobillo en una posición horizontal, permite ese mayor momento flexor plantar sin producir un cambio en la actividad EMG de los flexores y extensores de tobillo¹⁰.

- **Interfaz calzado-pedal.** Los pedales de la bicicleta se han convertido en foco de estudio, al ser el principal lugar de transferencia de energía entre el ciclista y la bicicleta. Hoy en día, la mayoría de ciclistas profesionales y aficionados utilizan los pedales automáticos. Los pedales estándar permiten aplicar fuerza efectiva positiva durante la fase descendente (PMS al PMI), mientras que los automáticos permiten además, la aplicación de fuerza efectiva positiva del PMI al PMS⁹.

Sin embargo, muy pocos trabajos se han centrado en el estudio de los efectos del interfaz zapato-pedal y los patrones de activación muscular de las extremidades inferiores. Hug y Dorel⁹ compararon el nivel de actividad EMG de los músculos de las extremidades inferiores cuando emplearon pedales automáticos, encontrando un mayor nivel de actividad en RF, BF y TA y menor en VM, VL y SOL. Otros músculos no se vieron afectados (isquiosurales, gastrocnemios, GMax)¹³.

- **Nivel de entrenamiento.** Los ciclistas profesionales llegan a rodar aproximadamente una distancia de 35.000 km/año, entre competición y entrenamientos, que equivale a 25 horas semanales^{31,32}. Ello ha llevado a pensar que el comportamiento muscular podría ser diferente en aficionados y profesionales. En este sentido, Hug y Dorel⁹, han sugerido que existen diferencias en los patrones de reclutamiento muscular entre ciclistas profesionales y aficionados. Sin embargo, Marsh y Martin¹⁴ no mostraron diferencias significativas en los patrones electromiográficos de cinco músculos de

las extremidades inferiores (VL, RF, SOL y GM) entre ciclistas y no ciclistas con capacidades aeróbicas semejantes.

- **Fatiga muscular.** Los estudios EMG realizados hasta la fecha indican que la fatiga muscular se puede estudiar y diagnosticar basándose en los cambios del espectro de frecuencias^{4,36}. En general cuando el músculo está fatigado hay un aumento de los componentes de baja frecuencia y una disminución de los de alta frecuencia. La disminución de la frecuencia puede deberse a una disminución de la velocidad de conducción, pero posiblemente también a un aumento de la sincronización de unidades motoras^{4,36}.

Durante la fatiga se describen aumentos en la amplitud de la señal (RMS), argumentando que es debido al aumento del reclutamiento de más unidades motoras o al aumento de la sincronización de unidades motoras ya activas⁴, para intentar mantener la fuerza. Este aumento en la amplitud se ha observado en la musculatura del miembro inferior durante ejercicios extenuantes de pedaleo con carga constante³⁴.

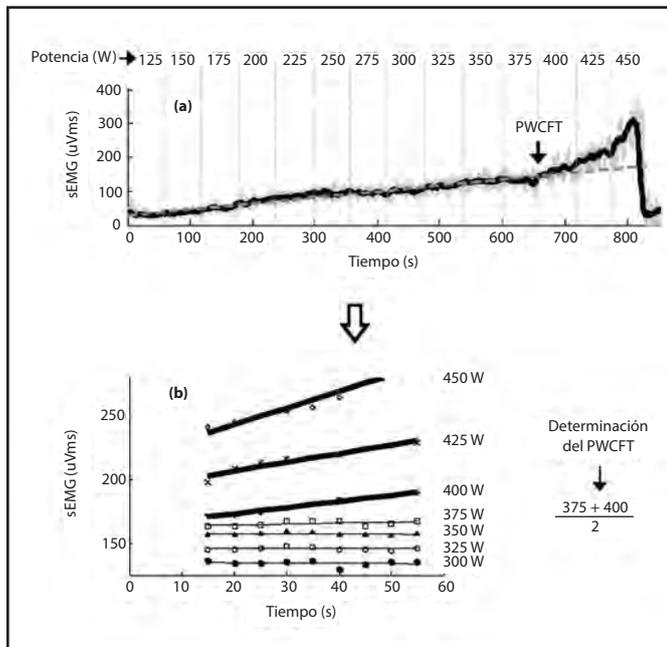
Cuando no es posible seguir manteniendo la contracción durante más tiempo, la fuerza disminuye y se observa una disminución de la amplitud³⁶, siendo causado probablemente por una disminución de la excitación de las unidades motoras. Si se consiguiera realmente una discriminación fiable de la fatiga se podría utilizar como un método diagnóstico.

Determinación del umbral de fatiga neuromuscular mediante técnicas EMG

En las últimas décadas se ha dedicado un gran esfuerzo investigador a la identificación de umbrales de cargas de trabajo que permitan distinguir el inicio de la fatiga crítica durante test incrementales realizados en un cicloergómetro. En función de la variable de medida utilizada existen distintos umbrales de fatiga reconocidos, como son los umbrales metabólicos (punto de acumulación de lactato en sangre), y ventilatorios (umbral ventilatorio aeróbico y punto de compensación respiratoria)^{37,38}. Sin embargo, a medida que la intensidad del ejercicio aumenta, la fatiga no sólo está relacionada con el sistema cardiorespiratorio, sino también con el sistema neuromuscular. La fatiga neuromuscular puede ser identificada a partir de la medida de electromiografía superficial (sEMG) y sus variaciones en el tiempo³⁹⁻⁴¹.

En investigaciones previas realizadas deVries *et al.*^{38,39}, propusieron un umbral de fatiga neuromuscular basado en la actividad EMG, definido como la "Capacidad Física de Trabajo en el Umbral de Fatiga" (PWCFT), a través de un test específico en cicloergómetro. En su versión original, la determinación del umbral PWCFT se hacía examinando las curvas EMG-tiempo obtenidas de 4 series de trabajo realizadas en 4 niveles de potencia distintos. Los autores de este método identificaban el umbral PWCFT determinando el mayor nivel potencia (carga) que el ciclista podía mantener en un periodo de 2 minutos sin que la señal EMG se incrementara significativamente. En su versión original, el método de deVries adolecía de una gran desventaja al tratarse de un test discontinuo que exige al ciclista varias visitas al laboratorio. Posteriormente, este grupo⁴¹ llevaron a cabo un refinamiento de su método que le permitió extraer el umbral PWC mediante la realización de un solo test incremental.

Figura 4. Ejemplo representativo del método para estimar el umbral de fatiga neuromuscular basado en EMG (PWCFT) durante un test incremental en un ergómetro. (a) Registro temporal de la sEMG obtenida durante la prueba incremental. La línea negra sólida representa la amplitud sEMG promediada cada 15 pedaladas. (b) Líneas de regresión correspondientes a la relación amplitud sEMG vs tiempo para cada potencia. La potencia más alta con una pendiente no significativa es de 375 W ($P > 0,05$), mientras que la potencia más baja con una pendiente significativa era 400 W ($P < 0,05$). El PWCFT (387,5 W) es calculado como el promedio de estas dos potencias.



Las señales de EMG se obtienen mediante electrodos colocados en la pierna dominante sobre el músculo VL a un 1/3 de la distancia entre el extremo lateral de la rótula y la proyección del hueso íliaco⁴².

Durante cada etapa (25w/min) de la prueba incremental, se registran varios segmentos consecutivos de EMG (cada segmento coincidiendo con el intervalo en el que el músculo está activo en una pedalada). Normalmente, los primeros 10-15 segundos de cada etapa de 1 minuto se descartan para el análisis, ya que durante este periodo inicial el ciclista realiza ajustes posturales para adaptarse a la nueva potencia. Para cada nivel de potencia del test, la amplitud sEMG de cada uno de los segmentos se calcula y representada en función del tiempo. Así mismo, se identifica la carga de trabajo (potencia) más baja que genera una pendiente significativa positiva en la relación amplitud sEMG/tiempo y también la carga de trabajo (potencia) más alta que genera una pendiente positiva no significativa en la relación amplitud sEMG/tiempo^{37,41}. El PWCFT se determina haciendo el promedio de las dos potencias arriba mencionadas (Figura 4).

Sin embargo, a pesar de la gran información que aporta la EMG, recientemente nosotros⁴² hemos observado un comportamiento heterogéneo e irregular del registro de la señal sEMG superficial, debido fundamentalmente al efecto dependiente de la distancia del conductor del volumen muscular, la diafonía, la cancelación, la longitud del mús-

culo, la temperatura y la falta de distinción del diámetro de la fibra a través de unidades motoras con diferentes umbrales de reclutamiento. Hemos visto que los índices sEMG no disminuyeron significativamente en los últimos periodos de fatiga de la prueba incremental, como se había propuesto recientemente.

Conclusiones

Pensamos que la EMG permite detectar el nivel de activación de la musculatura en cualquier músculo, a excepción de la musculatura profunda, donde se necesitan electrodos de alambre (intramusculares), y puede servir como método diagnóstico para valorar la fatiga muscular. Las aplicaciones clínicas del EMG como herramienta de diagnóstico pueden incluir no solo la fatiga, también, enfermedades neuromusculares, evaluación del dolor lumbar, kinesiología y trastornos del control motor. Se puede conocer el tiempo de activación de los músculos de las extremidades inferior durante el pedaleo y además ver la influencia que determinados factores como, la potencia de salida, cadencia de pedaleo, postura, interfaz calzado pedal y el nivel de entrenamiento, pueden tener en el tiempo de activación y coordinación muscular de los principales músculos de las extremidades inferiores.

Pensamos que la EMG permite detectar la aparición de la fatiga muscular, bien de origen central o periférica. En general se produce un aumento de la amplitud para intentar mantener la fuerza y una disminución del espectro de frecuencias.

Bibliografía

1. Boyas S, Guével A. Neuromuscular fatigue in healthy muscle: underlying factors and adaptation mechanisms. *Ann Phys Rehabil Med*. 2011;54:88-108.
2. Córdova A. Fatiga muscular en el rendimiento deportivo. Madrid. Ed. Síntesis, 1997. p. 193-231.
3. Enoka RM, Duchateau J. Translating Fatigue to Human Performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48:2228-38.
4. Villarroya MA. Electromiografía cinesiológica. *Rehab*. 2005;39:255-64.
5. Masso N, Rey F, Romero D, Gual G, Costa L, German A. Aplicaciones de la electromiografía de superficie en el deporte. *Apunts Med Sport*. 2010;45:127-36.
6. Konrad P. *The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological Electromyography*. USA: NORAXON I.N.C; Arizona. 2006. P. 9-15.
7. Haushalter G, Lang G. Biomechanique du pied du cycliste appliqué au positionnement de la chaussure. *Med Sport (Fr)*. 1985;58:136-7.
8. Gregor RJ, Broker JP, Ryan MM. The biomechanics of cycling. *Exerc Sport Sci Rev*. 1991;19:127-69.
9. Hug F, Dorel S. Electromyographic analysis of pedaling: a review. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19:182-98.
10. Duc S, Bertucci W, Pernin JN, Grappe F. Muscular activity during uphill cycling: effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18:116-27.
11. Laplaud D, Hug F, Grelot L. Reproducibility of eight lower limb muscles activity level in the course of an incremental pedaling exercise. *J Electromyogr Kinesiol*. 2006;16:158-66.
12. Dorel S, Couturier A, Hug F. Intra-session repeatability of lower limb muscles activation pattern during pedaling. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18:857-65.
13. Ericson M. On the biomechanics of cycling. A study of joint and muscle load during exercise on the bicycle ergometer. *Scand J Rehabil Med Suppl*. 1986;16:1-43.
14. Marsh AP, Martin PE. The relationship between cadence and lower extremity EMG in cyclists and noncyclists. *Med Sci Sport Exerc*. 1995;27:217-25.
15. Mirka GA. The quantification of EMG normalization error. *Ergonomics*. 1991;34:343-52.
16. Hautier CA, Arzac LM, Deghdegh K, Souquet J, Belli A, Lacour JR. Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sport Exerc*. 2000;32:839-43.

17. Burden A, Bartlett R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys.* 1999;21:247-57.
18. De Luca C. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13:135-63.
19. Yang JF, Winter DA. Electromyography reliability in maximal and submaximal contractions. *Arch Phys Med Rehabil.* 1983;64:417-20.
20. Jammes Y, Arbogast S, Faucher M, Montmayeur A, Tagliarini F, Robinet C. Interindividual variability of surface EMG changes during cycling exercise in healthy humans. *Clin Physiol.* 2001;21:556-60.
21. Hug F, Bendahan D, Le Fur Y, Cozzone PJ, Grelot L. Heterogeneity of muscle recruitment pattern during pedaling in professional road cyclists: a magnetic resonance imaging and electromyography study. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92:334-42.
22. Bigland-Ritchie B, Woods JJ. Integrated electromyogram and oxygen uptake during positive and negative work. *J Physiol.* 1976;260:267-77.
23. Arnaud S, Zattara-Hartmann MC, Tomei C, Jammes Y. Correlation between muscle metabolism and changes in M-wave and surface electromyogram: dynamic constant load leg exercise in untrained subjects. *Muscle Nerve.* 1997;20:1197-9.
24. Blake OM, Champoux Y, Wakeling JM. Muscle Coordination Patterns for Efficient Cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2012;44:926-38.
25. Jorge M, Hull ML. Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. *J Biomech.* 1986;19:683-94.
26. Houtz SJ, Fischer FJ. An analysis of muscle action and joint excursion during exercise on a stationary bicycle. *J Bone Joint Surg Am.* 1959;41:123-31.
27. Ryan MM, Gregor RJ. EMG profiles of lower extremity muscles during cycling at constant workload and cadence. *J Electromyogr Kinesiol.* 1992;2:69-80.
28. Sarre G, Lepers R, Maffiuletti N, Millet G, Martin A. Influence of cycling cadence on neuromuscular activity of the knee extensors in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2003;88:476-9.
29. Farina D, Macaluso A, Ferguson RA, De Vito G. Effect of power, pedal rate, and force on average muscle fiber conduction velocity during cycling. *J Appl Physiol.* 2004;97:2035-41.
30. Li L, Caldwell GE. Muscle coordination in cycling: effect of surface incline and posture. *J Appl Physiol.* 1998;85:927-34.
31. Faria EW, Parker DL, Faria IE. The science of cycling: factors affecting performance – part 2. *Sport Med.* 2005a;35:313-37.
32. Faria EW, Parker DL, Faria IE. The science of cycling: physiology and training – part 1. *Sport Med.* 2005b;35:285-312.
33. Baum BS, Li L. Lower extremity muscle activities during cycling are influenced by load and frequency. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13:181-90.
34. Sarre G, Lepers R. Neuromuscular function during prolonged pedalling exercise at different cadences. *Acta Physiol Scand.* 2005;185:321-8.
35. Neptune RR, Kautz SA, Hull ML. The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *J Biomech.* 1997;30:1051-8.
36. Fernández JM, Acevedo RC, Tabering CB. Influencia de la fatiga muscular en la señal electromiográfica de músculos estimulados eléctricamente. *EIA.* 2007;7:111-19.
37. Lucía A, Sánchez O, Carvajal A, Chicharro JL. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. *Br J Sports Med.* 1999;33:178-85.
38. deVries HA, Moritani T, Nagata A, Magnussen K. The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. *Ergonomics.* 1982;25:783-91.
39. deVries HA, Tichy MW, Housh TJ, Smyth KD, Tichy AM, Housh DJ. A method for estimating physical working capacity at the fatigue threshold. *Ergonomics.* 1987;30:1195-204.
40. Camic CL, Housh TJ, Johnson GO, Hendrix CR, Zuniga JM, Mielke M, et al. An EMG frequency-based test for estimating the neuromuscular fatigue threshold during cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108:337-45.
41. deVries HA, Housh TJ, Johnson GO, Evans SA, Tharp GD, Housh DJ, et al. Factors affecting the estimation of physical working capacity at the fatigue threshold. *Ergonomics.* 1990;33:25-33.
42. Latasa I, Cordova A, Malanda A, Navallas J, Lavilla-Oiz A, Rodriguez-Falces J. Limitations of Spectral Electromyographic Analysis to Determine the Onset of Neuromuscular Fatigue Threshold during Incremental Ergometer Cycling. *J Sports Sci Med.* 2016;15:148-57.

Prevención de la muerte súbita por miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho en deportistas

Franc Peris, José Poveda, Diego Oliver, Luis Franco, Francisco J. Rubio, Alfredo Valero

Unidad de Medicina del Deporte. Hospital Universitario Sant Joan de Reus. Facultad de Medicina / Universidad Rovira y Virgili. Reus. Tarragona.

Recibido: 24.02.2017

Aceptado: 03.05.2017

Resumen

Introducción: La miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho (ARVC) es una enfermedad hereditaria caracterizada por la sustitución progresiva y parcheada del tejido miocárdico por tejido fibroadiposo, lo cual puede originar arritmias ventriculares y muerte súbita (SCD), incluso como primera manifestación. Las manifestaciones de la enfermedad se ven favorecidas por el ejercicio físico, siendo una de las principales causas de SCD en deportistas menores de 35 años.

Material y método: Se ha realizado una revisión sistemática en las diferentes bases de datos científicas relacionada con la ARVC. La búsqueda inicial de 938 artículos se redujo finalmente a 36, tras aplicar los diferentes criterios de inclusión y exclusión.

Resultados: En nuestro medio, la historia clínica, la exploración física y el electrocardiograma (ECG) son las principales herramientas usadas en la prevención de la SCD a partir de los 12 años de edad (evaluación cardiovascular básica). En deportistas profesionales o con alto riesgo, se añade ecocardiografía y prueba de esfuerzo máxima (evaluación cardiovascular avanzada). Aun así, la prueba de elección para el diagnóstico de ARVC es la resonancia magnética cardiaca (RMC). El test genético juega un papel importante tanto en el estudio de pacientes sospechosos como en la evaluación de los familiares de pacientes ya diagnosticados. El tratamiento de la ARVC consiste en el uso de fármacos antiarrítmicos, la implantación de un desfibrilador automático implantable (DAI) en función del riesgo de SCD y la restricción de la actividad física.

Discusión: La falta de estudios estandarizados de grandes poblaciones de deportistas y la ausencia de registros de muerte súbita dificultan la obtención de una evidencia sólida en la interpretación de los resultados de los artículos revisados.

Conclusiones: El screening preparticipativo a todos los deportistas debería incluir: historia clínica, exploración física completa y ECG de 12 derivaciones; considerándose altamente recomendable la realización de una ecocardiografía.

Palabras clave:

Muerte súbita.

Miocardiopatía arritmogénica

del ventrículo derecho (ARVC).

Deporte. Ejercicio físico.

Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. Prevention of sudden death in athletes

Summary

Introduction: Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy (ARVC) is an inherited disease characterized by progressive replacement of myocardial tissue and patched by fibrofatty tissue, which can cause ventricular arrhythmias and sudden cardiac death (SCD), even as a first manifestation. The manifestations of the disease are favoured by physical exercise, so it is one of the main causes of SCD in athletes under 35 years old.

Material and method: A systematic review in different scientific databases related to ARVC has been made. The initial research on 938 publications was eventually reduced to 36, after applying the different criteria of inclusion and exclusion.

Results: In our environment, medical history, physical examination and electrocardiogram (ECG) are the main tools used in the screening of SCD from 12 years of age (basic cardiovascular evaluation). However, in professional or high risk athletes, echocardiography and maximal exercise test are added to the initial screening (advanced cardiovascular assessment). Still, the gold standard test for the diagnosis of ARVC is cardiac magnetic resonance (RMC). The genetic test plays an important role in the study of suspected patients as well as in the evaluation of the relatives of patients who have already been diagnosed. ARVC treatment involves the use of antiarrhythmic drugs, implantation of an implantable cardioverter defibrillator (DAI) based on the risk of SCD and restriction of physical activity.

Discussion: The lack of standardized studies on large populations of athletes and the absence of sudden death registries difficult to obtain solid evidence in the interpretation of the results of the reviewed articles.

Conclusions: The preparticipative screening of all athletes should include medical history, complete physical examination and 12-lead ECG; considering running an echocardiography being highly recommended.

Key words:

Sudden death.

Arrhythmogenic

cardiomyopathy (ARVC).

Sport. Physical exercise.

Correspondencia: Luis Franco Bonafonte

E-mail: lfranco@grupsgassa.com

Introducción

La miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho (ARVC) es una enfermedad hereditaria caracterizada por la pérdida progresiva de miocitos del ventrículo derecho (VD), produciéndose un adelgazamiento segmentario o difuso de la pared¹. Puede existir también afectación del ventrículo izquierdo (VI), siendo la progresión biventricular la forma más común de la enfermedad². En España y Europa³, la ARVC es una de las principales causas de SCD en deportistas menores de 35 años, aunque faltan estudios de prevalencia de mayor tamaño (Figura 1).

La ARVC suele presentarse clínicamente entre la tercera y quinta década de la vida, con arritmias ventriculares que pueden causar muerte súbita de origen cardíaco (SCD)⁴. Las manifestaciones clínicas y la progresión de la enfermedad son muy variables. En la fase inicial, los cambios estructurales pueden estar ausentes o sutilmente confinados a zonas localizadas del VD, siendo las más comunes: la parte anterior del infundíbulo, el ápex y la zona infero-basal tricuspídea del VD, que comprenden el llamado *triángulo de la displasia*, considerándose el sello de identidad de la ARVC. Con la progresión de la enfermedad, puede aparecer afectación de ambos ventrículos con dilatación de cavidades e incluso aneurismas.

En la ARVC se produce un defecto en las proteínas de adhesión celular como la placoglobina, placofilina-2, desmoplaquina, desmocolina-2 y desmogleína-2, y en otras encargadas de la estabilidad celular³. Esta alteración proteica provoca alteraciones estructurales y de función de la pared miocárdica con reemplazamiento por tejido fibroadiposo, tal como muestran Saberniak *et al.*⁵.

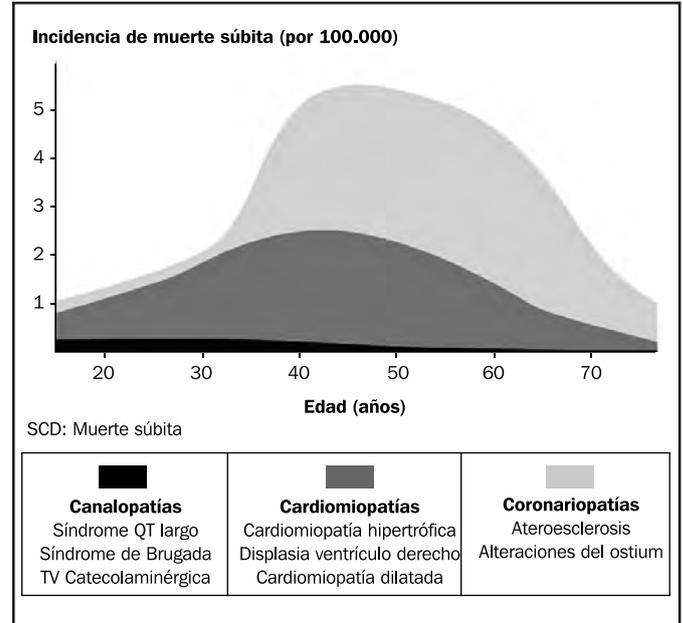
De acuerdo con la *American Heart Association* (AHA), el diagnóstico se realiza en base a la presencia de criterios mayores y menores revisados en la *Task Force Criteria*⁶ (Tabla 1). Los criterios se basan en hallazgos de seis categorías diagnósticas diferentes: ECG basal, ECG de señal promediada y Holter; Biopsia endomiocárdica; Historia familiar; y pruebas de imagen cardíacas avanzadas. Según la puntuación obtenida, los pacientes se clasifican en ARVC posible, "borderline" o definitiva.

El ejercicio físico intenso puede desencadenar episodios arritmicos y muerte súbita, como primera manifestación de la enfermedad en deportistas que presentan ARVC diagnosticada o no. El estrés mecánico al que es sometido el corazón, produce aumento de la estimulación simpática, lo que puede explicar las arritmias ventriculares que aparecen en la enfermedad. Además, se ha demostrado que el estrés mantenido en el tiempo causa una mayor disfunción ventricular en deportistas afectados de ARVC que en los no deportistas.

Aunque la prevalencia de la enfermedad es baja, sin embargo es una de las causas más frecuentes de SCD en deportistas jóvenes, teniendo por otra parte un gran impacto social ya que los episodios se producen en personas aparentemente sanas, en ocasiones conocidas, que fallecen de forma inesperada durante la práctica deportiva.

Así mismo cabe destacar su amplio espectro clínico y su dificultad diagnóstica, por lo que no parece claro qué protocolo se debe aplicar de manera rutinaria para su diagnóstico en deportistas y así prevenir la SCD. Hay autores que defienden la necesidad de un mayor número de pruebas iniciales para descartarla, mientras que otros, dan una mayor importancia a la relación coste-efectividad. En esta revisión se analizan

Figura 1. Cambios en la incidencia y etiología de la SCD en función de la edad²⁵.



los métodos diagnósticos y de tratamiento de la ARVC descritos en la bibliografía actual, al objeto de esclarecer un protocolo adecuado para el screening de ARVC y medidas de prevención de la SCD en deportistas con esta patología.

Material y método

Diseño

Se realizó una revisión sistemática de artículos de sociedades científicas relacionados con la ARVC, así como de guías de práctica clínica y revisiones sistemáticas.

Estrategia de búsqueda y criterios de exclusión

En primer lugar, se llevó a cabo una búsqueda en Google Scholar y Pubmed de artículos y guías de práctica clínica publicados por diferentes sociedades europeas y americanas sobre la ARVC, la SCD y su relación con el deporte. Posteriormente, se realizó una búsqueda de guías de práctica clínica y de revisiones sistemáticas de la literatura científica en Pubmed mediante las ecuaciones de búsqueda: (*arvd OR arvc*) AND "sudden death"; (*arvd OR arvc*) AND "exercise"; (*arvd OR arvc*) AND "screening"; previamente obtenidas del MeSH Database. La búsqueda se restringió a artículos publicados en los últimos 5 años en inglés y en español. Los estudios debían aportar datos significativos sobre las pruebas diagnósticas de la ARVC o estar relacionados con los diferentes métodos que resultasen de utilidad para la prevención de la SCD por ARVC en deportistas <35 años. Se excluyeron aquellas publicaciones que no hicieran referencia al objetivo de nuestro estudio.

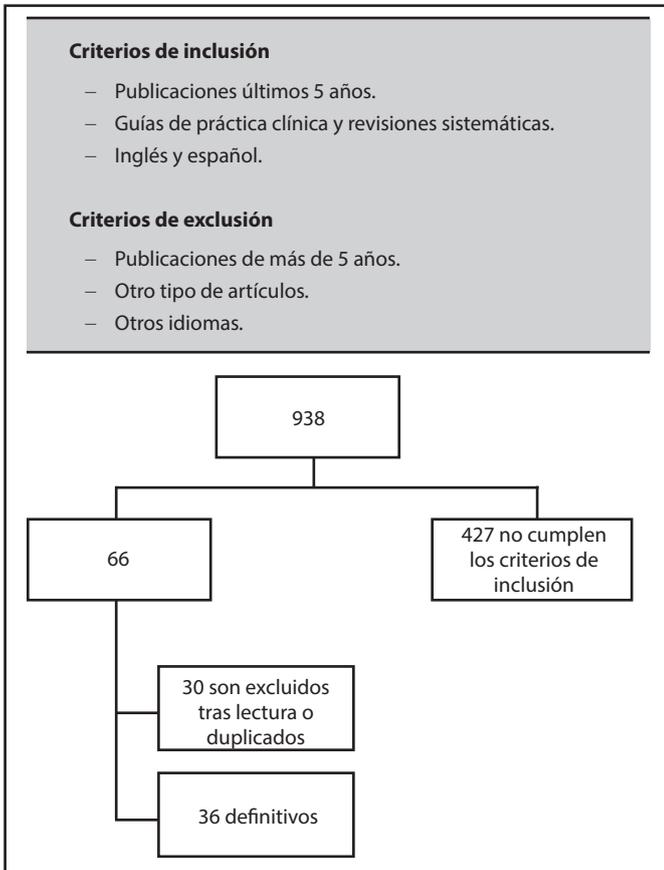
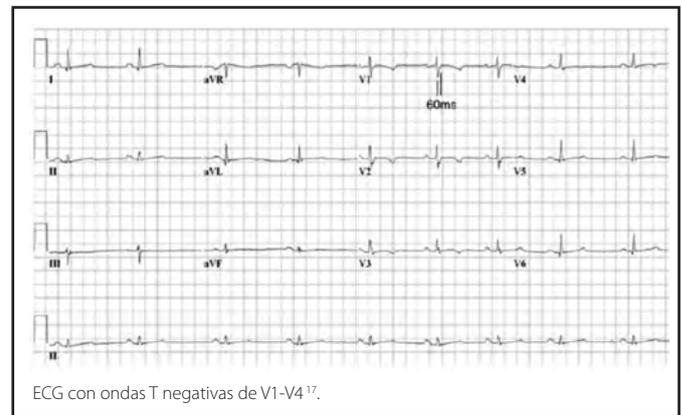
Extracción de datos: Tras realizar la búsqueda inicial en Pubmed con la ecuación (*arvd OR arvc*) AND "sudden death" se localizaron 593

Tabla 1. Criterios diagnósticos de ARVC/D revisados Task Force 2010 AHA (Modificada Ref.17)

I. Disfunción regional o global y alteraciones estructurales	IV. Anomalías de repolarización / conducción
<p>Mayor ECO 2D</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquinesia, disquinesia o aneurisma regional de VD • y 1 de los siguientes (telediastole): <ul style="list-style-type: none"> - EPL: Flujo tracto de salida VD ≥ 32 mm (corregido por SC ≥ 19 mm/m²) - EPL: Flujo tracto de salida VD ≥ 36 mm (corregido por SC ≥ 21 mm/m²) - o Fracción Eyección $\leq 33\%$ <p>RMC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquinesia, disquinesia o disincronía regional VD • y 1 de los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Ratio Volumen telesistólico VD/SC ≥ 110 ml/m² (Hombres) o ≥ 100 (Mujeres) - o Fracción de Eyección de VD $\leq 40\%$ <p>Angiografía VD</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquinesia, disquinesia o aneurisma regional VD 	<p>Mayor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Onda épsilon en precordiales derechas (V1-V3). Reproducible en señales de baja amplitud entre el final de QRS y el comienzo de la onda T
<p>Menor ECO 2D</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquinesia, disquinesia regional de VD • y 1 de los siguientes (telediastole): <ul style="list-style-type: none"> - EPL: Flujo tracto de salida VD ≥ 29 mm (corregido por SC ≥ 16 a < 19 mm/m²) - EPL: Flujo tracto de salida VD ≥ 36 mm (corregido por SC ≥ 21 mm/m²) - o Fracción de Eyección $> 33\%$ a $\leq 40\%$ <p>MRC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquinesia, disquinesia o disincronía regional VD • y 1 de los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Ratio de Volumen telesistólico de VD / SC ≥ 100 ml/m² (Hombres) o 90 a < 100 (Mujeres) - o Fracción de Eyección de VD $> 40\%$ a $\leq 45\%$ 	<p>Menor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potenciales tardíos en SAECG en ≥ 1 parámetros en ausencia de QRS ≥ 110 ms en ECG estándar • Duración de QRS filtrada (fQRS) ≥ 114 ms • Duración de QRS terminal < 40 μV (señal de baja amplitud) > 38 ms • Raíz cuadrada del Voltaje terminal 40 μV ≤ 20 ms • Duración de la activación terminal de QRS ≥ 55ms, medida desde el nadir de la onda S hasta el final del QRS incluyendo R' en V1, V2 o V3, en ausencia de BRD completo (Figura 3)
II. Características tisulares de la pared	V. Arritmias
<p>Mayor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Miocitos residuales $> 60\%$ en análisis morfométrico (o $> 50\%$ si es estimado) con reemplazamiento fibroso de la pared libre del VD en ≥ 1 muestra con o sin reemplazamiento de tejido graso endomiocárdico en biopsia 	<p>Mayor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taquicardias sostenidas o no sostenidas con morfología de BRI con eje superior (QRS negativo o indeterminado en II, III y aVF, y positivo en aVL)
<p>Menor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Miocitos residuales del 60-75% en análisis morfológico (o 50-60% si es estimado) con reemplazamiento fibroso de la pared libre del VD en ≥ 1 muestra con o sin reemplazamiento de tejido graso endomiocárdico en biopsia 	<p>Menor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taquicardias sostenidas o no sostenidas con origen en tracto de salida de VD, con morfología de BRI con eje inferior (QRS positivo en II, III y aVF, y negativo en aVL) • > 500 extrasístoles ventriculares en 24 h (Holter)
III. Anomalías en la repolarización	VI. Historia familiar
<p>Mayor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ondas T invertidas en precordiales derechas (V1-V2) en individuos de > 14 años en ausencia de BRD completo (QRS ≥ 120 ms) 	<p>Mayor</p> <ul style="list-style-type: none"> • ARVC confirmado en pariente de primer grado que cumple los criterios de la TF • AVRC confirmada por biopsia en familiar 1er grado • Identificación de mutación categorizada como asociada o probablemente asociada a ARVC en paciente evaluados
<p>Menor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ondas T invertidas en precordiales derechas (V1-V2) en individuos de > 14 años en ausencia de BRD completo (QRS ≥ 120 ms), o en V4, V5 o V6 • Ondas T invertidas en V1, V2, V3 y V4 en individuos de > 14 años en presencias de BRD completo 	<p>Menor</p> <ul style="list-style-type: none"> • ARVC confirmado en pariente de primer grado en el que no es posible o práctico determinar si el familiar cumple los criterios de la TF • Muerte súbita Prematura (< 35 años) debido a ARVC sospechada, de un familiar de primer grado • ARVC confirmada en análisis patológico o que cumpla los criterios de la TF en familiar de 2º grado

EPL: Eje Para-esternal Largo; SC: Área de Superficie Corporal; SAECG: ECG de Señal Promediada.

Diagnóstico Definitivo: 2 criterios mayores o 1 mayor y 2 menores o 4 menores de diferentes categorías; Limitrofe: 1 mayor y 1 menor o 3 menores de diferentes categorías; Posible: 1 mayor y 2 menores de diferentes categorías. Mutación patogénica: alteración del DNA asociada a ARVC que altera o se espera que altere la proteína codificada. No se observa o es raro observarla en un control no-ARVC, y altera o se espera que altere la estructura o la función de la proteína o se ha demostrado su *linkage* con el fenotipo de la enfermedad en un pedigrí concluyente.

Figura 2. Criterios de inclusión y exclusión y diagrama de selección de artículos.**Figura 3. ECG de paciente con ARVC.**

En ausencia de bloqueo de rama derecha, se considera un criterio diagnóstico mayor en mayores de 14 años. En menores de esta edad puede ser una variante de la normalidad. La presencia de T invertida en más de tres precordiales es un predictor de eventos arrítmicos. No obstante en el 12% de los pacientes el ECG es normal¹². Si se sospecha de ARVC con ECG normal, deben realizarse ECG seriados¹³.

En fases severas pueden aparecer señales de baja amplitud, definidas como ondas epsilon en V_1-V_3 , las cuales también se consideran un criterio diagnóstico mayor^{3,6-8}. Es característica también la aparición de TV con morfología de bloqueo de rama izquierda⁶. La duración del QRS de más de 120 ms está asociada a ARVC^{6-8,11,14}. Dichos hallazgos tiene una elevada sensibilidad (88-100%) pero una baja especificidad (46%), siendo el VPP del 61% y el VPN del 91-100%⁶. La aplicación de los criterios de Seattle da más de un 97% de sensibilidad al *screening* de deportistas mediante ECG¹⁵.

ECG de señal promediada

Recoge la media de múltiples QRS para filtrar el ruido y los potenciales tardíos. Se considera anormal la duración del QRS de más de 114ms, la duración terminal del QRS de más de 38ms y un voltaje terminal de menos de 20 microV. Si está presente alguno de estos valores, se considera un criterio diagnóstico menor.

Monitorización Holter (24 horas)

Es usada en el diagnóstico de ARVD, pero sobretodo, en su seguimiento. Se considera criterio menor más de 500 contracciones ventriculares prematuras en 24 horas o más del 30% de extrasístoles ventriculares del total de latidos del registro electrocardiográfico³.

Ecocardiografía

La ecocardiografía es la modalidad de imagen más usada en el diagnóstico y seguimiento de la ARVC⁷. El hallazgo más común es el alargamiento del tracto de salida del VD^{3,6,16}. Un tracto >30 mm tiene una sensibilidad diagnóstica del 89% y una especificidad DEL 86%¹⁶. También es habitual la disfunción ventricular, definida como una FE <32% y las anomalías en la movilidad de la pared^{3,7,16}. La presencia de acinesia, disquinesia o aneurisma también se siguen considerando

artículos, limitados a 184 en los últimos 5 años. Al escoger únicamente guías de práctica clínica y revisiones sistemáticas se obtuvieron un total de 48 publicaciones, quedando 40 al seleccionar los idiomas inglés y español. Con la ecuación de búsqueda (*arvd OR arvc*) AND "exercise", el número inicial de 188 artículos se redujo a 15 tras aplicar los filtros anteriormente mencionados. Finalmente, con la fórmula de (*arvd OR arvc*) AND "screening" se obtuvieron 157, de los cuales quedaron 11 tras restringir la búsqueda.

Una vez realizadas las 3 ecuaciones de búsqueda iniciales con los correspondientes filtros, resultaron un total de 66 artículos, de los cuales, tras eliminar los duplicados y excluir aquellos que no hacían referencia al tema de nuestra revisión, quedaron un total de 36 (Figura 2). A estos se añadieron 5 referencias generales sobre la muerte súbita en el deporte.

Resultados

Pruebas diagnósticas

ECG basal

El ECG es el método inicial de diagnóstico de la ARVC. El signo más común es la inversión de la onda T en las precordiales V_1-V_3 ⁷⁻¹¹ (Figura 3) y forma parte de la sospecha diagnóstica precoz de la enfermedad⁷.

criterios mayores¹². La extensión de la hipocinesia, junto con la medición del volumen telediastólico, pueden darnos una idea de la evolución de la enfermedad¹⁶.

Resonancia magnética cardíaca

La RMC es la prueba de elección ya que proporciona información del grado de reemplazo fibroadiposo de la estructura y de la función ventricular^{3,7,17,18}. En comparación con la ecocardiografía, permite una mejor evaluación de las características anteriormente mencionadas^{15,17-19}. Las alteraciones más comunes son la dilatación ventricular (S77% y E95%), la disfunción sistólica, la dilatación del tracto de salida, las anomalías regionales en el movimiento de la pared, los aneurismas ventriculares, la presencia de grasa intramiocárdica y el realce tardío de gadolinio^{7,16,18}.

La caracterización de los tejidos se realiza mediante la evaluación de las imágenes ponderadas en T2, indicativas de lesión miocárdica reciente (edema); y mediante la caracterización del realce tardío de gadolinio, característico de lesión tisular irreversible (cicatriz). El porcentaje de éste último se demostró un potente factor de predicción de TV y de SCD por ARVC²⁰. La RMC fue positiva en el 100% de los pacientes diagnosticados de ARVC, pero obtuvo una especificidad del 29% debido a la sobreinterpretación de las anomalías regionales del movimiento¹⁶. La adición de parámetros cuantitativos consigue elevar especificidad hasta un 90-98%¹².

Es el método ideal de seguimiento en pacientes asintomáticos y de gran valor para la evaluación de deportistas sintomáticos^{9,15}. No obstante, cuenta con los inconvenientes de disponibilidad, coste, necesidad de expertos que interpreten las imágenes y la tendencia al sobrediagnóstico^{3,7,13,18}. Por lo que, a pesar de sus numerosas ventajas, no resulta aplicable para el cribado de grandes grupos de deportistas¹⁵.

Tomografía computarizada

La TC es una alternativa en aquellos pacientes en los que la RMC no se puede utilizar. En comparación con la RMC, la TC no tiene la resolución en la caracterización de los tejidos y tiende a sobreestimar el volumen sistólico y diastólico final.

Electrofisiología

El mapeo electro anatómico 3D es una técnica reciente, muy sensible detectando zonas de bajo voltaje que indicarían la pérdida de miocardio activo eléctricamente y su sustitución por tejido fibroadiposo, característico de esta patología^{7,18,21}. Si las señales de baja tensión están presentes en el VD, esto puede ayudar a la localización de la zona para realizar una biopsia⁶. Esta técnica ha permitido comprender mejor la enfermedad y valorar la distribución de las lesiones, descubriéndose que son más frecuentes en el epicardio²¹.

Al tratarse de una prueba invasiva, únicamente se realizará en pacientes con sospecha de ARVC y arritmias ventriculares del VD así como para el diagnóstico diferencial con taquicardia idiopática del VD²¹. De hecho, algunos autores la consideran todavía una técnica experimental^{3,7,13}. Es más sensible que la RMC en casos en los que la pared cardíaca sea delgada, pero puede confundir con otras patologías como la sarcoidosis^{7,18}.

Biopsia cardíaca

En la biopsia típica de ARVC se observa un reemplazo de los miocitos por tejido fibroadiposo, sobre todo en el ápex cardíaco y tracto de salida ventricular, asociado o no a atrofia del miocardio ventricular^{13,17}. Se puede realizar el diagnóstico sin la presencia de tejido fibroso siempre y cuando el infiltrado adiposo se acompañe de la inflamación y necrosis típica de los miocitos²². Las biopsias de rutina se toman del septo interventricular, aunque la muestra puede resultar falsamente negativa ya que el proceso de la enfermedad es con frecuencia parcheado^{3,9,19,22}. Además, la progresión de las lesiones es de subepicardio a endocardio, por lo que la biopsia endocárdica podría no ser positiva en estadios tempranos. Por otra parte, existe un importante riesgo de perforación si se realiza en la pared libre del ventrículo^{3,7}.

La biopsia cardíaca aumenta su rendimiento diagnóstico si se realiza junto con un mapeo electroanatómico, debiendo recogerse la muestra de una zona afectada (bajo voltaje)^{7,12,13}. El análisis inmunohistoquímico revela una disminución de la señal de la placoglobina en los miocitos afectados. Se considera una técnica altamente sensible (91%) y específica (82%) para el diagnóstico, pero todavía es una herramienta en investigación debido a sus altas tasas de falsos positivos y negativos (sarcoidosis y miocarditis de células gigantes) por lo que no se suele hacer hoy en día^{7,9,21}.

Criterios diagnósticos clínicos y genéticos

El diagnóstico de ARVC se basa en la aplicación de criterios diagnósticos mayores y menores. Según la puntuación obtenida, los pacientes se clasifican en ARVC posible, "borderline" o definitiva. Aplicando los criterios diagnósticos actualizados por la AHA en la TFC del año 2010, diferentes publicaciones han mostrado un aumento en la sensibilidad del 57 al 71% ($p = 0,001$), identificando 25 pacientes con ARVC definida y 64 como probables¹⁴. Sin embargo, esos criterios tienen limitaciones ya que no incluyen los casos con afectación dominante izquierda de la enfermedad^{7,19}. Es probable que exista un infradiagnóstico debido a la complejidad de los mismos y a la existencia de variantes desconocidas²³.

La inclusión de criterios genéticos fue uno de los cambios realizados en la TFC. Todos los pacientes sospechosos o diagnosticados de ARVC deben ser analizados genéticamente y, en caso de ser positivos, también sus familiares^{21,24,25}. Los genes PKP-2 (placofilina-2) localizado en el cromosoma 12p11.21, y los genes DSG2 y DSP son responsables de más de la mitad de los casos de SCD por ARVC. La mutación del gen PKP2 es la más prevalente²⁶. Sigue un patrón de herencia autosómica dominante en la mayoría de los casos¹⁹. Se han descrito patrones de herencia autosómica recesiva ligados a proteínas como la placoglobina². En aquellos pacientes sin una mutación PKP2, ensayos adicionales en DSC2, DSG2, y DSP pueden identificar una causa genética en 5% a 10% de los casos. Cuando la participación del VI es predominante en una línea familiar, las pruebas genéticas para DSP, DSG2 y las mutaciones de la proteína transmembrana TMEM43 deben incluirse en la primera ronda de pruebas²⁷.

De los casos diagnosticados mediante los criterios de la TFC, sólo un 30-50% presentaron anomalías desmosomales, y de éstos, alrededor de un 10% tenían más de una mutación conocida, hecho que se ha asociado a una mayor severidad de la misma^{6,7,14,21}. Aproximadamente el 50% de las mutaciones son desconocidas^{2,8,14,19,28} y el 16% de los controles sanos mostraron mutaciones características de ARVC^{19,21}.

La interpretación de los test genéticos es difícil debido a su heterocigosidad. Además, el pronóstico de la ARVC según la mutación es limitado por falta de datos²⁹. El diagnóstico genético se considera un criterio mayor, aunque la ausencia de mutaciones identificables no excluye la enfermedad. Su mayor utilidad reside en el *screening* familiar, donde los portadores asintomáticos requerirán monitorización de por vida, mientras que los no portadores no necesitarán controles serios⁹. Por otra parte, el estudio genético de pacientes con ARVC diagnosticado, puede ser útil para determinar la importancia y el comportamiento de los genes en la enfermedad. Se debe considerar el test para pacientes con posible ARVC (Nivel de recomendación IIb) y no está recomendado para individuos con solo un criterio menor (Nivel de recomendación III)¹³.

Se considera que los familiares de primer grado tienen un 50% de riesgo de portar la enfermedad causando mutación con una penetrancia variable. En dichos pacientes está recomendado la realización de test genéticos (Nivel de evidencia I)^{3,13}. El seguimiento de los pacientes asintomáticos portadores de una mutación está indicado desde los 10 a los 50 años. Este debe realizarse mediante un *screening* completo cada 1-2 años (Historia, ECG, ecocardiografía, Holter, RMC)¹⁹. El cribado clínico de familiares de víctimas de muerte súbita inexplicada puede identificar ARVC en 7-9% de los casos¹⁹. En familiares de segundo grado, suele limitarse el estudio a un ECG, un ecocardiograma y un Holter cada 5 años¹⁹.

Tratamiento

El manejo de estos pacientes debe ser orientado a evitar la aparición de arritmias que desencadenen síncope o paros cardíacos. Aquellos pacientes con fallo ventricular o taquicardias ventriculares se considerarán de alto riesgo y recibirán un tratamiento más agresivo¹³. Actualmente, se aconseja a la mayoría de pacientes la implantación de un DAI como prevención primaria, y la toma de antiarrítmicos o ablación por catéter de vías de conducción accesorias para reducir el impacto arritmico. Se podría indicar el trasplante cardíaco en estadios terminales de fallo cardíaco o taquicardias ventriculares mantenidas^{10,30}.

Fármacos

Los betabloqueantes constituyen el tratamiento general de estos pacientes, aunque su utilización sea meramente empírica^{8,31,32}. Tal y como se destaca en Kantor *et al.*³¹, se usa principalmente en el tratamiento inicial del fallo sistólico moderado o severo del VI. Dentro de los betabloqueantes, el más utilizado en estos pacientes es el sotalol^{6,7,12,13,31,33}. Dicho fármaco también está indicado como prevención de descargas en pacientes equipados con un DAI^{6,33}, considerándose el único fármaco que disminuye el riesgo, sobre todo inducido por el ejercicio. La prescripción de este fármaco es un requisito previo a la implantación de un DAI o a la ablación por catéter en pacientes con ARVC^{9,34}. Sin embargo, algunos estudios^{13,34} no mostraron que los betabloqueantes disminuyeran la incidencia de TV en diferentes series evaluadas. Otra área de discrepancia radica en la mayor efectividad de la amiodarona frente al sotalol^{7,13,24} relegando a éste a una segunda línea³⁴.

Desfibrilador automático implantable

El DAI se considera el tratamiento preventivo de muerte súbita más efectivo, al convertir la FV en ritmo sinusal. Es por tanto el pilar fundamental en la prevención de SCD en pacientes con ARVC^{7,33,35,36}. Como indican Schinkel *et al.*³⁵ y Saguner *et al.*⁷, múltiples estudios han demostrado que el DAI es efectivo tanto en prevención primaria como secundaria, pese a que no está exento de riesgos. Las complicaciones asociadas a su implantación son una fuente de mortalidad en estos pacientes. Se considera que a los 7 años aparecerán complicaciones en un 58% de los implantados, principalmente relacionadas con el catéter¹⁴. Otro problema de los DAI es las descargas inapropiadas, aunque que dichas descargas son adecuadas en el 94% de los casos de TV³³.

La AHA recomienda la implantación de un DAI (nivel de recomendación IIA) para prevención de SCD en pacientes con enfermedad extensa, TV o fibrilaciones ventriculares sostenidas, afectación del VI y aquellos que tengan más de un familiar con muerte súbita reanimada o síncope no explicado siempre que estén con terapia médica óptima y tengan una esperanza de vida razonable^{7,12,35}.

La estratificación del riesgo sigue siendo el principal desafío para la indicación de DAI²¹. De acuerdo con las directrices internacionales y el consenso de los expertos, las indicaciones del DAI en pacientes ARVC están bien establecidas para los pacientes de alto riesgo con la historia de SCD o episodios de taquicardia ventricular sostenida (Nivel de recomendación IB), mientras que la presencia de síncope de origen desconocido, taquicardia ventricular no sostenida, historia familiar de muerte súbita, enfermedad extensa incluyendo afectación del VI son considerados posibles indicaciones de DAI con un riesgo intermedio de SCD (Nivel de Recomendación IIA, nivel de evidencia C)^{31,32}.

Ablación mediante catéter

La ablación de vías nerviosas mediante cateterismo se ha considerado un tratamiento útil para pacientes con ARVC mal controlados. La ablación por catéter no puede sustituir al DAI, pero puede ser útil en pacientes que ya dispongan de uno, en personas resistentes a tratamiento médico, en TV monomórficas recurrentes o en estadios finales con taquicardias ventriculares incesantes con fines paliativos^{8,21,34}. Se ha comprobado que se obtienen mejores resultados si se combina con un mapeo electroanatómico para visualizar las vías de conducción²⁴. Sin embargo, tiene una gran tasa de recurrencias en forma de TV en los primeros 5 años de seguimiento¹⁴. La aplicación de técnicas actuales epicárdicas junto con endocárdicas ha mejorado el éxito en la eliminación de TV, al no limitar la ablación únicamente a la lesión endocárdica, menos frecuente en estos pacientes^{6,7,12}. De este modo, las recurrencias disminuyen hasta en un 30%¹².

Terapia molecular

Un tratamiento prometedor para el futuro es la reprogramación de células somáticas en células pluripotentes. Fibroblastos de la piel podrían generar cardiomiocitos autólogos, los cuales podrían ser implantados en un corazón con ARVC³⁶.

Trasplante cardiaco

Se utiliza principalmente en estadios finales, cuando la ARVC ha progresado a fallo cardíaco extenso¹³ o ante enfermedad refractaria al tratamiento médico u otras técnicas^{7,12}. Se trata de un tratamiento poco frecuente, con una media de edad de 40 años y con una supervivencia del 88% a los 4,5 años⁹.

Restricción de la actividad física

La restricción del ejercicio intenso se considera un tratamiento de gran importancia, ya que se ha demostrado que el ejercicio sobre todo intenso, aumenta la probabilidad de manifestar ARVC y está asociado a una menor supervivencia⁹. Los deportistas competitivos de menos de 35 años con ARVC tienen 5,4 veces más riesgo de SCD que los no deportistas^{2,30,34}. Las recomendaciones de Lavine *et al.*¹ indican que se debe evitar cualquier ejercicio salvo los de clase IA, y en general, cualquier actividad mayor o igual a 4 METS. Aunque no hay estudios sobre el ritmo de progresión de la enfermedad, se considera a la limitación de ejercicio como el factor más importante^{9,19}.

La limitación de la actividad física también se recomienda en los familiares de afectados de ARVC que tengan la mutación, mientras que en los familiares en los que el cribado genético no es posible o no se identifica ninguna mutación existe discrepancia. En esta situación, se aconseja la evaluación individualizada y seriada principalmente si se trata de deportistas de alto nivel³⁷. Las recomendaciones de ejercicio y estilo de vida deben hacerse mediante el consenso del paciente y la familia. El impacto psicológico del diagnóstico y el tratamiento junto con las recomendaciones supone un desafío para los pacientes³².

Factores pronósticos

La posibilidad de SCD en pacientes con ARVC puede verse favorecida por la presencia de los siguientes factores: Historia familiar de SCD; inicio temprano de la enfermedad⁷; Arritmias malignas o TV inestable espontánea o inducible³⁴; Paro cardíaco o síncope, especialmente en esfuerzo⁷, ya que reflejan la existencia de arritmias malignas; Disfunción grave del VD (FE <50% o adelgazamiento o aneurisma de pared); La dispersión de QRS >50 ms (Se considera aumento de la dispersión del QRS a partir de 40ms y es el predictor independiente más fuerte, con una sensibilidad del 90% y una especificidad del 77% según Cadrin-Tourigny *et al.*³⁴); y el fallo de fármacos antiarrítmicos^{2,34}. Además, Los pacientes con la combinación de TV sostenida espontánea, signos de insuficiencia cardíaca derecha y/o disfunción del VI están clasificados como los de mayor riesgo de muerte súbita y de peor pronóstico a largo plazo¹⁴.

Por otro lado, para aquellos pacientes en los que se ha implantado un DAI, los principales factores de riesgo en relación a prevención secundaria son una SCD abortada y TV inestable, la presencia de los cuales implica un 10% anual de riesgo de TV mortal³⁴.

Screening

Junto con los antecedentes, el ECG de reposo es la base para la prevención de la SCD en el deporte. Cuando en el ECG basal se observan ondas T negativas de V₁ a V₃ se deberá completar el estudio con un

ecocardiograma y una prueba de esfuerzo máxima. Según el resultado de las mismas, se puede proseguir el estudio con RMC con realce tardío de gadolinio (LGE) y Holter 24h. Además, un ECG de 12 derivaciones y ecocardiografía de los familiares de primer grado menores de 10 años³⁸.

La Sociedad Europea de Medicina del Deporte, la Sociedad Europea de Cardiología (SEC), el Comité Olímpico Internacional y la FIFA, recomiendan realizar pruebas de *screening* en deportistas para la prevención de la SCD orientada a descubrir aquellas patologías más frecuentes en los deportistas menores de 35 años. En el caso de la ARVC, es compleja y difícil de realizar, debido a la baja prevalencia de la enfermedad, el alto coste de implementación y los posibles falsos positivos. Sin embargo, se ha demostrado el éxito del *screening* y las medidas preventivas en la disminución de SCD en deportistas con ARVC. En la región de Venetto (Italia), el *screening* con historia clínica, exploración física y ECG anuales y, en caso de riesgo, la limitación del deporte, ha significado una reducción del 89% de la SCD debida a ARVC¹⁶.

La SEC recomienda el *screening* de todos los deportistas antes de comenzar una actividad deportiva intensa para la prevención de SCD de origen cardiovascular. La valoración cardiovascular básica, incluye a todos los deportistas federados, se basa en la anamnesis, la exploración física y el ECG de 12 derivaciones y debe realizarse con una periodicidad bianual. En cambio, la valoración cardiovascular avanzada, dentro de la que se encuentran los deportistas de alto riesgo y los profesionales, añade a las pruebas anteriores la ecocardiografía y la prueba de esfuerzo máxima y debe efectuarse anualmente³⁹. Sin embargo, la AHA sólo recomienda historia clínica-familiar y exploración física. Esta discrepancia puede deberse al mayor peso de las cuestiones coste-efectividad en Estados Unidos en materia de salud. A pesar de esto, y al contrario que la mayoría de algoritmos, diferentes organismos deportivos como la FIFA o la NBA sitúan las pruebas de imagen en el *screening* inicial, al objeto de descartar anomalías cardíacas, aortopatías o algunas cardiomiopatías con ECG normal¹⁵ (Figura 4).

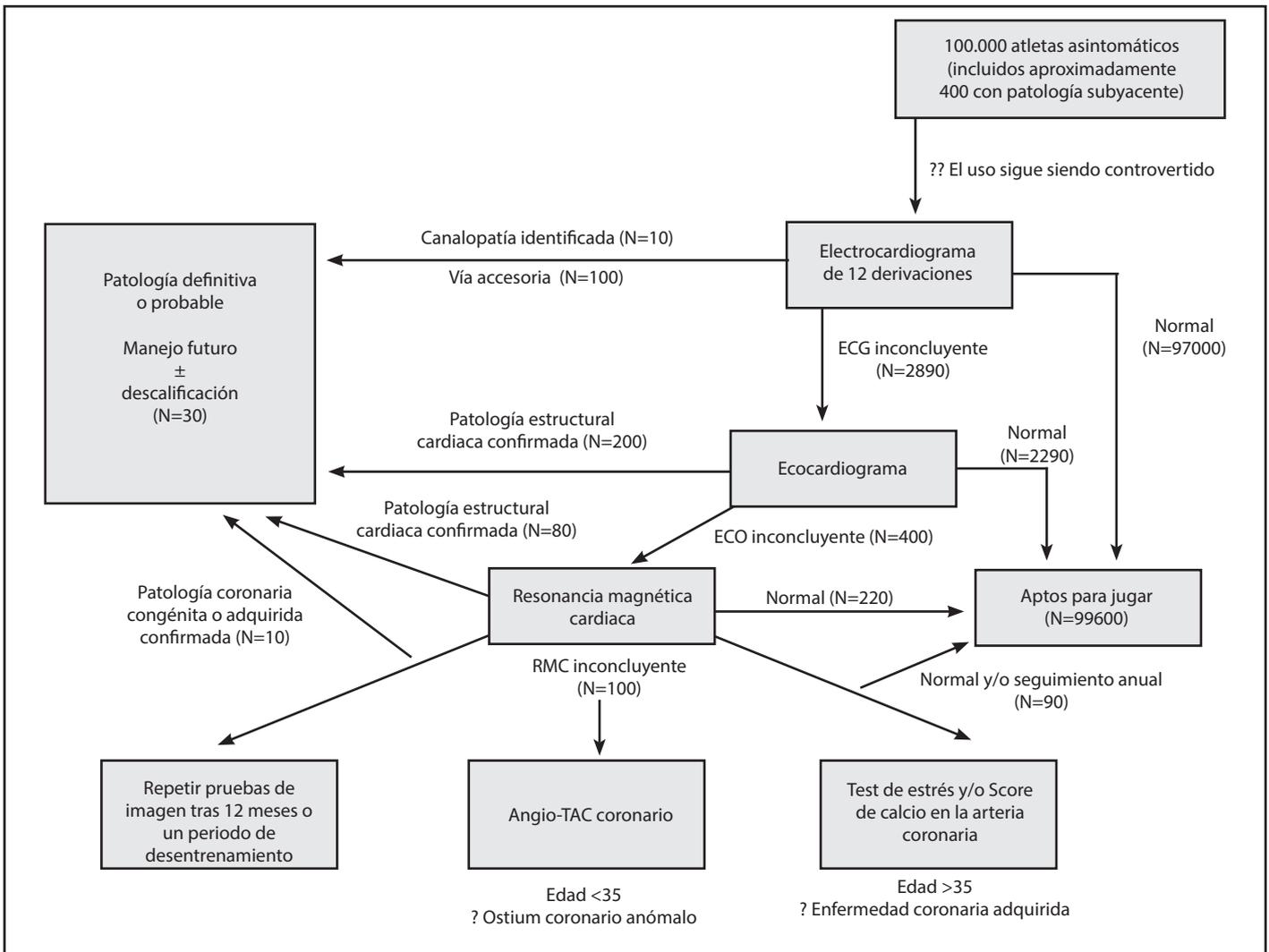
Respecto a la edad de comienzo de las pruebas, el *screening* de pacientes con ARVC debe realizarse sobre los 12 años ya que, si el inicio es posterior, puede aparecer algún caso de SCD o la progresión de la enfermedad^{16,19}. Por otra parte, se recomiendan la evaluación inicial de todos los pacientes con sospecha de ARVC mediante un examen físico, historia clínica, antecedentes familiares de clínica compatible, ECG, ECG de señal promediada, Holter y ecocardiografía².

Finalmente, el estudio de La Gerche *et al.*⁴⁰ pone en duda la evidencia de los programas de *screening* indicando su preocupación por la repercusión a largo plazo que tiene una exclusión innecesaria del deporte con el fin de evitar una SCD, refiriendo que se trata de una patología muy poco frecuente y de difícil diagnóstico. Así mismo, afirma que, si el *screening* generalizado se va a realizar, debe desarrollarse en paralelo a la creación de centros de excelencia en cardiología deportiva para facilitar su tarea, siendo necesaria la elaboración de un registro de SCD.

Discusión

La ARVC es una de las causas más frecuentes de SCD en deportistas menores de 35 años y, por tanto, es necesario conocer su historia natural y los diferentes criterios diagnósticos con el fin de prevenir la

Figura 4. Algoritmo de *screening* de 100.000 deportistas asintomáticos²⁵.



SCD mediante el *screening* y el tratamiento adecuado de la misma³⁰. Se consideran factores de pronóstico desfavorable de la enfermedad el paro cardíaco previo, la historia de síncope de esfuerzo o SCD familiar, el inicio temprano de los síntomas, el ejercicio físico, la presencia de TV, la disfunción del VD o afectación del VI y la resistencia a fármacos^{2,7,34}.

Su diagnóstico se basa en los criterios de la TFC de la AHA, siendo éste difícil debido a que los afectados pueden permanecer asintomáticos y sufrir una SCD como primera manifestación. Las pruebas genéticas están indicadas en aquellos pacientes sospechosos de ARVC o con un diagnóstico definitivo. En caso de presencia de alguna de las mutaciones, éstas deben realizarse también a sus familiares como método de *screening*^{21,24}.

Tras la anamnesis y la realización de una historia clínica completa, el ECG es la primera herramienta diagnóstica, siendo la inversión de la onda T en precordiales derechas la manifestación más frecuente⁷⁻¹¹. Su presencia en el ECG obliga a complementar el estudio con una prueba de esfuerzo y una ecocardiografía¹⁵. El ecocardiograma se considera la

primera y más usada prueba de imagen en la ARVC⁷, siendo el alargamiento del tracto de salida del VD la anomalía más común^{3,6,16}.

La RMC es la prueba de elección puesto que proporciona información detallada de la estructura, función ventricular y del grado de reemplazo fibroadiposo, característico de la ARVC^{3,7,16-18}. Es el método de seguimiento más útil en pacientes asintomáticos⁹. En caso de no poder realizarse, el TC se considera una alternativa. El mapeo electroanatómico 3D es una técnica útil en el diagnóstico ya que detecta zonas con pérdida de miocardio activo eléctricamente, aunque se utiliza de forma individualizada en pacientes con sospecha de ARVC con arritmias ventriculares^{7,18,21}.

El tratamiento de la ARVC es complejo, al no existir una evidencia clara sobre la efectividad de las diferentes terapias. Actualmente, se aconseja la implantación de un DAI y la toma de antiarrítmicos (sotalol o amiodarona) y/o ablación por catéter de vías accesorias^{3,10}. El DAI es el tratamiento preventivo de SCD más efectivo^{7,33,35,36}, el cual está indicado en pacientes con historia de SCD o episodios de TV sostenida (alto

riesgo). La presencia de síncope de origen desconocido, TV no sostenida, historia familiar de SCD y enfermedad extensa son considerados indicaciones de riesgo intermedio^{31,32}.

Según la bibliografía actual, el ejercicio físico debe restringirse en pacientes con diagnóstico posible, "borderline" o definitivo de ARVC permitiendo únicamente aquellos de clase I-A¹. Esta prohibición debe realizarse con la seguridad de que el paciente padece la enfermedad, ya que esta restricción supone una gran limitación en el estilo de vida de estos deportistas. Para evaluar el grado de progresión se debe realizar un ECG y una ecocardiografía anual junto con un Holter y una RMC con un periodo variable según el paciente²⁵.

Los principales organismos deportivos y sociedades médicas recomiendan realizar pruebas de *screening* para prevenir SCD a todos los deportistas desde los 12 años antes de iniciar la práctica deportiva bianualmente^{16,19}. La evaluación cardiovascular básica se realiza de forma sistemática a todos los deportistas federados e incluye anamnesis, exploración física y ECG de 12 derivaciones. Por otra parte, la avanzada sólo se efectúa en deportistas profesionales y en aquellos con alto riesgo de SCD. En esta última se añade prueba de esfuerzo y ecocardiografía. Si existe sospecha de ARVC se recomienda una evaluación inicial mediante un examen físico, historia clínica y antecedentes familiares compatibles, ECG, ECG de señal promediada, Holter y ecocardiografía².

Para los familiares de primer grado de pacientes con ARVC se consideran pruebas necesarias la realización de un ECG, una ergometría, un ECG de señal promediada, un Holter y una RMC; con una frecuencia de 2-3 años si éstas son normales. En familiares de segundo grado, suele limitarse el estudio a un ECG, un ecocardiograma y un Holter cada 5 años¹⁹. El test genético debe considerarse en pacientes con posible ARVC y familiares de primer grado^{3,13}, pero no está recomendado en aquellos con un único criterio diagnóstico menor¹³. En pacientes portadores de mutación asintomáticos debe realizarse un seguimiento anual o bianual con historia clínica, ECG, ecocardiografía, Holter y RMC¹⁹. En el caso de asintomáticos sin mutación o sin estudio genético, el seguimiento será cada 3-5 años¹³.

Esta revisión sistemática se encuentra limitada por la heterogeneidad y el tamaño reducido de las poblaciones estudiadas, ya que actualmente no existe ningún estudio realizado a gran escala en nuestro medio y, los ya existentes, no incluyen la ecocardiografía como prueba de *screening* inicial a todos los deportistas, siendo ésta muy recomendable para la detección de cardiopatías estructurales causantes de SCD. Además de esto, no existen registros establecidos de muerte súbita de deportistas, por lo que no hay una evidencia sólida de la prevalencia de las diferentes enfermedades responsables de SCD.

Conclusiones

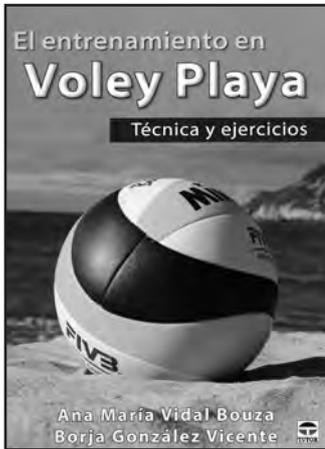
- Realizar un *screening* a todos los deportistas mediante: anamnesis, historia familiar, exploración física completa y ECG de 12 derivaciones con el fin de detectar posibles causas de SCD. En el caso de la ARVC, es altamente recomendable añadir el ecocardiograma.
- En aquellos casos con anomalías detectadas mediante el *screening* preparticipativo, está indicado continuar el estudio con una ecocardiografía, aunque esta prueba presente limitaciones diagnósticas⁴¹.

- La RMC se reservará para los pacientes con sospecha de ARVC sin un diagnóstico de certeza mediante las pruebas anteriormente mencionadas.
- Restringir el ejercicio físico superior a 4 METS a los pacientes con diagnóstico posible, "borderline" y definitivo de ARVC, así como la práctica deportiva exceptuando los de clase I-A.
- El uso de sotalol y amiodarona como tratamiento médico conjuntamente a la implantación de un DAI en pacientes de alto riesgo.
- El seguimiento periódico de los pacientes con sospecha o diagnóstico de ARVC, así como de sus familiares de primer grado.
- La elaboración de un registro de SCD con el fin de cuantificar las principales causas en nuestro medio y, con ello, crear programas de prevención adecuados y facilitar la investigación de estas patologías.

Bibliografía

1. Maron BJ, Levine BD, Reginald L, Baggish AL, Kovacs RJ, Maron MS. A Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes with Cardiovascular Abnormalities: Task Force 2: Preparticipation Screening for Cardiovascular Disease in Competitive Athletes. *Circulation*. 2015;132:e267–e272.
2. Pinamonti B, Brun F, Mestroni L, Sinagra G. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: From genetics to diagnostic and therapeutic challenges. *World J Cardiol*. 2014; 6(12):1234–44.
3. Haugaa KH, Haland TF, Leren IS, Saberniak J, Edvardsen T. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy, clinical manifestations, and diagnosis. *Europace*. 2016;18(7): 965–72.
4. Philips B, Cheng A. Update on the diagnosis and management of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Curr Opin Cardiol*. 2015;31(1):6–56.
5. Saberniak J, Hasselberg NE, Borgquist R, Platonov PG, Sarvari SI, Smith HJ, et al. Vigorous physical activity impairs myocardial function in patients with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and in mutation positive family members. *Eur J Heart Fail*. 2014;16(12):1337–44.
6. Marcus FI, Abidov A. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy 2012: diagnostic challenges and treatment. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2012;23(10):1149–53.
7. Saguner AM, Brunnchorst C, Duru F. Arrhythmogenic ventricular cardiomyopathy: A paradigm shift from right to biventricular disease. *World J Cardiol*. 2014;6(4):154–74.
8. O'Hanlon R, Mohiaddin RA. Inherited cardiomyopathies. En: Mushabbar AS, Mohiaddin RA. Magnetic Resonance of Congenital Heart Disease. Berlin: Springer Science and Business Media; 2012. p.211.
9. Calkins H. Arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy-three decades of progress. *Circ J*. 2015;79(5):901–13.
10. John RM, Tedrow UB, Koplan BA, Albert CM, Epstein LM, Sweeney MO, et al. Ventricular arrhythmias and sudden cardiac death. *Lancet*. 2012;380(9852):1520–9.
11. Sniderman JD, Sado DM, Sniderman AD, McKenna WJ. Evaluation of Suspected Right Ventricular Pathology in the Athlete. *Prog Cardiovasc Dis*. 2012;54(5):397–406.
12. Chung FP, Lin YJ, Chang SL, Lo LW, Hu YF, Tuan TC, et al. Current and state of the art on the electrophysiologic characteristics and catheter ablation of arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy. *J Cardiol*. 2015;65(6):441–50.
13. McNally E, MacLeod H, Dellefave-Castillo L. Arrhythmogenic Right Ventricular Dysplasia/Cardiomyopathy. GeneReviews® [revista electrónica] 2005 Abril (consultado 02/04/2016). Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1131/>
14. Paul M, Wichter T, Fabritz L, Waltenberger J, Schulze-Bahr E, Kirchhof P. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. An update on pathophysiology, genetics, diagnosis, and risk stratification. *Herzschrittmachertherapie und Elektrophysiologie*. 2012; 23(3):186–95.
15. La Gerche A, Baggish AL, Knuuti J, Prior DL, Sharma S, Heidbuchel H, et al. Cardiac imaging and stress testing asymptomatic athletes to identify those at risk of sudden cardiac death. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;6(9):993–1007.
16. Arrigan MT, Killeen RP, Dodd JD, Torreggiani WC. Imaging spectrum of sudden athlete cardiac death. *Clin Radiol*. 2011;66(3):203–23.
17. Perazzolo Marra M, Rizzo S, Bauce B, De Lazzari M, Pilichou K, Corrado D, et al. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Herz*. 2015;40(4):600–6.

18. Tavano A, Maurel B, Gaubert JY, Varoquaux A, Cassagneau P, Vidal V, *et al*. MR imaging of arrhythmogenic right ventricular dysplasia: What the radiologist needs to know. *Diagn Interv Imaging*. 2015;96(5):449–60.
19. Murray B. Arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy (ARVD/C): A review of molecular and clinical literature. *J Genet Couns*. 2012;21(4):494–504.
20. Mavrogeni S, Petrou E, Kolovou G, Theodorakis G, Iliodromitis E. Prediction of ventricular arrhythmias using cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14(6):518–25.
21. Basso C, Baucé B, Corrado D, Thiéne G. Pathophysiology of arrhythmogenic cardiomyopathy. *Nat Rev Cardiol*. 2012;9(4):223–33.
22. McGregor SM, Husain AN. A brief review and update of the clinicopathologic diagnosis of arrhythmogenic cardiomyopathy. *Arch Pathol Lab Med*. 2015;139(9):1181–6.
23. Rastegar N, Burt JR, Corona-Villalobos CP, Te Riele AS, James CA, Murray B, *et al*. Cardiac MR Findings and Potential Diagnostic Pitfalls in Patients Evaluated for Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy. *RadioGraphics*. 2014;34(6):1553–70.
24. Alcalde M, Campuzano O, Sarquella-Brugada G, Arbelo E, Allegue C, Partemi S, *et al*. Clinical interpretation of genetic variants in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Clin Res Cardiol*. 2015;104(4):288–303.
25. Hertz CL, Ferrero-Miliani L, Frank-Hansen R, Morling N, Bundgaard H. A comparison of genetic findings in sudden cardiac death victims and cardiac patients: the importance of phenotypic classification. *Europace*. 2015;17(3):350–7.
26. Ackerman MJ, Priori SG, Willems S, Berul C, Brugada R, Calkins H, *et al*. HRS/EHRA expert consensus statement on the state of genetic testing for the channelopathies and cardiomyopathies: This document was developed as a partnership between the Heart Rhythm Society (HRS) and the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Heart Rhythm*. 2011;8(8):1308–39.
27. Perrin MJ, Gollob MH. The genetics of cardiac disease associated with sudden cardiac death. *J Mol Diagnostics*. 2012;14(5):424–36.
28. Patel H, Shah P, Rampal U, Shamoon F, Tiyyagura S. Arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy (ARVD/C) and catecholaminergic polymorphic ventricular tachycardia (CPVT): A phenotypic spectrum seen in same patient. *J Electrocardiol*. 2015;48(5):874–8.
29. Barsheshet A, Brenyo A, Moss AJ, Goldenberg I. Genetics of sudden cardiac death. *Curr Cardiol Rep*. 2011;13(5):364–76.
30. Asimaki A, Kleber AG, Saffitz JE. Pathogenesis of Arrhythmogenic Cardiomyopathy. *Can J Cardiol*. 2015;31(11):1313–24.
31. Kantor PF, Loughheed J, Dancea A, McGillion M, Barbosa N, Chan C, *et al*. Presentation, diagnosis, and medical management of heart failure in children; Canadian Cardiovascular Society guidelines. *Can J Cardiol*. 2013;29(12):1535–52.
32. Cheung CC, Laksman ZW, Mellor G, Sanatani S, Krahn AD. Exercise and Inherited Arrhythmias. *Can J Cardiol*. 2016;32(4):452–8.
33. Dohadwala M, Link MS. Implantable defibrillators in long QT syndrome, Brugada syndrome, hypertrophic cardiomyopathy, and arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Cardiol Clin*. 2014;32(2):305–18.
34. Cadrin-Tourigny J, Tadros R, Talajic M, Rivard L, Abadir S, Khairy P. Risk stratification for sudden death in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2015;13(6):653–64.
35. Schinkel AF. Implantable cardioverter defibrillators in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy: patient outcomes, incidence of appropriate and inappropriate interventions, and complications. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2013;6(3):562–8.
36. Thiéne G. The research venture in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: a paradigm of translational medicine. *Eur Heart J*. 2015;36(14):837–46.
37. Rojas A, Calkins H. Present understanding of the relationship between exercise and arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy. *Trends Cardiovasc Med*. 2015;25(3):181–8.
38. Wilson MG, Sharma S, Carre F, Charron P, Richard P, O'Hanlon R, *et al*. Significance of deep T-wave inversions in asymptomatic athletes with normal cardiovascular examinations: practical solutions for managing the diagnostic conundrum. *Br J Sports Med*. 2012;46(Suppl_1):i51–i58.
39. Sitges M, Gutiérrez JA, Brugada J, Balius R, Bellver M, Brotons D, *et al*. Consenso para prevenir la muerte súbita cardíaca de los deportistas. *Apunts Med Esport*. 2013;48(177):35–41.
40. La Gerche A, Macisaac AI, Prior DL. Should pre-participation cardiovascular screening for competitive athletes be introduced in Australia? A timely debate in a sport-loving nation. *Heart Lung Circ*. 2011;20(10):629–33.
41. Luengo E, Manonelles P. *Muerte súbita en el deporte. Métodos de cribado*. Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). Barcelona. Editorial Esmon Publicidad, S.A.; 2016.p.22.



EL ENTRENAMIENTO DE VOLEY PLAYA. TÉCNICA Y EJERCICIOS

Por: Ana María Vidal Bouza y Borja González Vicente
 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, 176 páginas, P.V.P: 25 euros

Este libro es un completo y actualizado manual de aprendizaje y enseñanza del vóley playa para deportistas de todos los niveles. En un deporte joven como el vóley playa, que ha experimentado una notable evolución desde sus inicios, hace tiempo que era necesaria una guía renovada para

dar respuesta a las nuevas tendencias de juego y la nueva reglamentación, reemplazando así a los escasos y ya desfasados textos existentes.

Este manual práctico ofrece una completa descripción de las técnicas básicas del vóley playa actual, con detalladas ilustraciones y fotografías, así como

claras explicaciones de la aplicación de esas técnicas en las situaciones de juego. Además, con sus casi 100 ejercicios de entrenamiento para diferentes niveles de preparación, este libro se convierte en un material de trabajo esencial para todo entrenador de vóley playa que desee enriquecer sus conocimientos.



ENTRENAMIENTO FUNCIONAL APLICADO A LOS DEPORTES

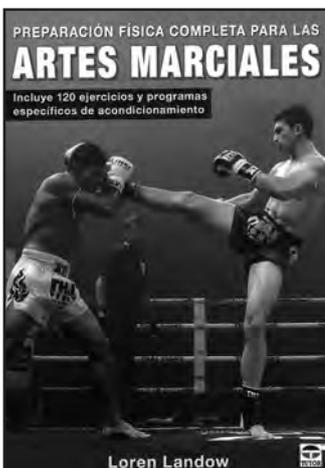
Por: Michael Boyle
 Colección: En Forma
 Edita: Ediciones Tutor-Editorial El Drac.
 Impresores 20. P.E. Prado del Espino. 28660 Boadilla del Monte. Madrid.
 Telf: 915 599 832 - Fax: 915 410 235
 E-mail: info@edicionestutor.com Web: www.edicionestutor.com
 Madrid 2017, 256 páginas, P.V.P: 29,95 euros

Entrenar para rendir al máximo con el menor riesgo de lesión. Este libro propicia unos resultados inmejorables en la pista, el terreno de juego, la cancha, el tatami, etc., no solo en la sala de musculación. El autor, uno de los mejores entrenadores de rendimiento deportivo del mundo, presenta en este libro los conceptos, métodos, ejercicios y programas que maximizan los movimientos de los deportistas en competición.

Incluye una serie de evaluaciones funcionales que ayudan a determinar el diseño de un plan específico para cada deportista. Además, las progresiones de autorrefuerzo con ejercicios para el tren inferior, la zona media (Core), el tren superior y, por último, el cuerpo entero, proporcionan a los deportistas el equilibrio, la propiocepción, la estabilidad y la fuerza que necesitan para sobre-

salir en sus deportes. Se incluyen programas modelo que ayudan a elaborar el programa personalizado con el que trabajar cada aspecto del entrenamiento y garantizar un buen rendimiento físico.

El contenido del libro se completa con el acceso exclusivo a vídeos online con demostraciones, comentarios y análisis de más de 70 ejercicios clave.



PREPARACIÓN FÍSICA COMPLETA PARA LAS ARTES MARCIALES

Por: Loren Landow
 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, 272 páginas, P.V.P: 19,95 euros

Golpear de mano y pierna con potencia explosiva. Derribar y pelear cuerpo a cuerpo con fuerza máxima. Contraatacar y esquivar con velocidad y agilidad inigualables. Ser el mejor. Dar el máximo de uno. Es lo que el lector puede lograr con este exhaus-

tivo manual para alcanzar el dominio mental y físico.

El libro ofrece 120 ejercicios, cada uno de ellos adaptado para desarrollar una habilidad o atributo clave en artes marciales, a fin de mejorar el rendimiento en la disciplina que practique el lector y los

objetivos que tenga establecido. Incluye un capítulo dedicado a la importancia de la recuperación y la nutrición. Aprenderá después a estructurar un programa de acondicionamiento para lograr mejoras a corto plazo y el éxito a largo plazo: triunfo al que asistirá y que sus adversarios sentirán.

¿A cuántos estímulos responde tu corazón?

Vichy Catalán se preocupa por tu salud e investiga sobre el metabolismo del colesterol.

Te quiere



Font del Regàs y los beneficios de la mineralización débil

Dra. Ada Redondo

Especialista en Medicina Interna.

Todos conocemos la importancia vital del agua. Representa el componente mayoritario en nuestro organismo (60% y 50% del peso corporal en varones y mujeres, respectivamente). Para mantener esta proporción, es indispensable la toma de unos 2 litros diarios, a través de la ingesta de agua y alimentos, puesto que nuestro cuerpo cada día sufre una pérdida fisiológica de la misma a través de la orina, las heces, el sudor y la respiración. Esta pérdida además se ve agravada en situaciones como calor ambiental excesivo, ejercicio físico intenso, vómitos o diarreas... en las que deberemos aumentar el aporte para garantizar un balance hídrico adecuado.

Dentro de las aguas que se ofrecen en el mercado, encontramos las de mineralización débil. Se definen como aquellas en que el aporte de sodio es inferior a 20 mg/l. En este grupo, encontramos Font del Regàs, de mineralización débil, con un aporte de sodio de 14.6 mg/l. Por debajo de este aporte, encontramos también agua Font D'Or, con un aporte de 9.2 mg/l, considerándose pues como agua de mineralización muy débil.

Este aporte bajo en sodio, es adecuado para la población en general, y además es óptimo en ciertas patologías por su contenido bajo en sal. En parte de los paciente hipertensos facilita el buen control de la tensión arterial, así como la acción de ciertos medicamentos antihipertensivos. Una baja ingesta en sal evita la retención de líquidos que produce el sodio por un mecanismo de "arrastre", en patologías como la insuficiencia cardíaca, renal y ciertas hepatopatías. Es adecuada además para individuos en edades extremas de la vida, niños y ancianos, siendo más vulnerables a la deshidratación, y en los que, el mecanismo de la sed puede resultar menos eficaz.

Además de las ventajas ofrecidas por un aporte bajo en sodio, Font del Regàs ofrece un aporte extra en otros oligoelementos esenciales. Entre ellos se encuentra el flúor, esencial para fijar el calcio especialmente en huesos y dientes. Es importante para mantener una mayor densidad mineral ósea, así como evitar la aparición de caries. Una ingesta de 1 litro de agua Font del Regàs aporta 0.5 mg del mismo (13-17% de las Cantidades Diarias Recomendadas). También contiene un aporte notable de yodo. Este oligoelemento es indispensable para una síntesis adecuada de hormonas tiroideas, indispensables en el metabolismo. Históricamente, existieron regiones donde se observaba una alta tasa de bocio por la baja ingesta de yodo; esto comportó que, actualmente en la mayoría

de países, se suplemente la sal de mesa con yodo. En individuos en los que se recomienda una ingesta baja o nula en sal, la ingesta de agua Font del Regàs, podría constituir un aporte de yodo indispensable, pues la ingesta de un litro de Font del Regàs aporta 50 microgramos, lo que constituye el 33% de la Cantidad Diaria Recomendada.

En resumen, podríamos decir que con la ingesta de agua Font del Regàs podemos asegurar una reposición correcta de agua para nuestro organismo, asegurando una mineralización débil, así como un aporte excelente de flúor y yodo, y de otros oligoelementos esenciales en menor cantidad (calcio, molibdeno, magnesio...).

Bibliografía

1. Codony Salcedo R. Evaluación nutricional del Agua Font del Regàs.
2. Gunnarsdottir I, Dahl L. Iodine intake in human nutrition: a systematic literature review. *Food Nutr Res.* 2012;56. doi: 10.3402/fnr.v56i0.19731. Epub 2012 Oct 9.
3. Berasategi I, Cuervo M, de Las Heras AR, Santiago S, Martínez JA, Astiasarán I, et al. The inclusion of functional foods enriched in fibre, calcium, iodine, fat-soluble vitamins and n-3 fatty acids in a conventional diet improves the nutrient profile according to the Spanish reference intake. *Public Health Nutr.* 2011;14(3):451-8. doi: 10.1017/S1368980010002831. Epub 2010 Nov 19.
4. Serra-Majem L, Pfrimer K, Doreste-Alonso J, Ribas-Barba L, Sánchez-Villegas A, Ortiz-Andrellucchi A, et al. Dietary assessment methods for intakes of iron, calcium, selenium, zinc and iodine. *Br J Nutr.* 2009;102 Suppl 1:S38-55. doi: 10.1017/S0007114509993138.
5. Cuervo M, Corbalán M, Baladía E, Cabrerizo L, Formiguera X, Iglesias C, et al. Comparison of dietary reference intakes (DRI) between different countries of the European Union, The United States and the World Health Organization. *Nutr Hosp.* 2009;24(4):384-414.
6. Zohoori FV, Buzalaf MA, Cardoso CA, Olympio KP, Levy FM, Grizzo LT, et al. Total fluoride intake and excretion in children up to 4 years of age living in fluoridated and non-fluoridated areas. Health and Social Care Institute, Teesside University, Middlesbrough, UK. *Eur J Oral Sci.* 2013;121(5):457-64. doi: 10.1111/eos.12070. Epub 2013 Jul 19.
7. Mensink GB, Fletcher R, Gurinovic M, Huybrechts I, Lafay L, Serra-Majem L, et al. Mapping low intake of micronutrients across Europe. *Br J Nutr.* 2013;110(4):755-73. doi: 10.1017/S000711451200565X. Epub 2013 Jan 14.
8. Rylander R, Arnaud MJ. Mineral water intake reduces blood pressure among subjects with low urinary magnesium and calcium levels. *BMC Public Health.* 2004;30(4):56.

Ama tu vida

FONT
DOR

VICHY
CATALAN



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

**ASOCIACIÓN ARAGONESA DE MEDICINA DEL DEPORTE
(ARAMEDE)**

**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE
(SEMED)**

PROGRAMA PRELIMINAR

PONENCIAS

DÍA 24 DE NOVIEMBRE, VIERNES

09.00-09.30 **Recogida documentación**

09.30-11.00 **PONENCIA: Reconocimientos médicos de despistaje**

Moderador: **José Manuel González de Suso Janariz**

El programa de reconocimientos médicos en populares

Juan Miguel Morillas Martínez

El papel del electrocardiograma de reposo

El papel de la prueba de esfuerzo
Gonzalo María Correa González

11.00-11.30 **Café/Descanso**

11.30-13.00 **PONENCIA: Componentes de las bebidas para el deporte**

Moderador: **Juan José Lacleta Almolda**

El agua

Nieves Palacios Gil de Antuñano

El sodio

José Antonio Villegas García

Los carbohidratos

Raquel Blasco Redondo

13.00-13.45 **CONFERENCIA INAUGURAL**

Presentador

**Pedro Manonelles Marqueta
José Luis Terreros Blanco**

13.45-14.15 **Inauguración oficial**

16.00-17.30 **PONENCIA: El ejercicio en poblaciones específicas**

Moderador

Personas con discapacidad física

Josep Oriol Martínez Ferrer

Personas con discapacidad psíquica

Francisco Javier Ordóñez Muñoz

Personas de edad avanzada

Jovanka Manojlovic Rakocevic

17.30-18.00 **Café/Descanso**

18.00-19.30 **PONENCIA: El deporte en la mujer**

Moderador: **Carlos Moreno Pascual**

Embarazo y puerperio

Juan Carlos De la Cruz Márquez

La triada de la mujer deportista

M^a. Josep Martí Utset

Trastornos de la conducta alimentaria

Helena Palacín Fornons

DÍA 25 DE NOVIEMBRE, SÁBADO

09.00-10.00 **Comunicaciones libres**

10.00-11.30 **PONENCIA: Prescripción y programación de ejercicio**

Moderador: **Ángel Durántez Prados**

Evidencia científica

Zigor Montalvo Zenarruzabeitia

La prescripción de ejercicio
Carmen Porcar Rivero

Enfermedad cardiovascular
Luis Serratosa Fernández

La programación del ejercicio
Javier Álvarez Medina

Enfermedades respiratorias
Franchek Drobnic Martínez

11.30-12.00 **Café/Descanso**

Enfermedades metabólicas
Fernando Salom Portella

12.00-13.30 **PONENCIA: La prescripción en la enfermedad**

13.30

Clausura de las Jornadas

Moderador: **Carlos Melero Romero**

COMUNICACIONES CIENTÍFICAS

El Comité Científico invita a todos los participantes a remitir comunicaciones científicas a las **VII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte**.

Los temas de las Jornadas Nacionales para presentación de Comunicaciones Científicas se describen en el siguiente listado:

- Actividad física y salud
- Programación de ejercicio para la salud
- Lesiones deportivas: diagnóstico, prevención y tratamiento
- Medicina del deporte
- Cardiología del deporte
- Nutrición y ayudas ergogénicas
- Cineantropometría
- Fisiología del esfuerzo
- Entrenamiento y mejora del rendimiento

Las Comunicaciones Orales se distribuirán en sesiones de los temas de las Jornadas Nacionales. Por favor, escoja uno de los temas del listado como propuesta para realizar su presentación. El Comité Científico podrá reasignar el abstract en otro tema de las Jornadas.

Los trabajos deberán ser originales y no se habrán presentado en congresos anteriores o reuniones similares.

Los abstracts de las comunicaciones científicas admitidas, comunicaciones orales y pósters (presentación interactiva), serán publicados en la revista Archivos de Medicina del Deporte.

Información complementaria en: **www.femede.es**

PREMIOS

Los inscritos en las VII Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte que presenten comunicaciones **podrán optar al Premio a la Mejor Comunicación oral de las Jornadas.**

Para optar al premio **SE DEBE HACER CONSTAR EXPLÍCITAMENTE QUE SE OPTA A PREMIO** en carta dirigida al presidente del Comité Científico y adjuntar al Resumen remitido. En este caso, además de enviar el Formato del Resumen de Comunicación Científica, se debe de mandar el **trabajo completo en el plazo de presentación de las Comunicaciones Científicas.**

Los trabajos que se presentan en formato de póster (presentación interactiva) no optan a premio.

El trabajo que obtenga la segunda mejor puntuación, y supere en nivel de calidad exigible, será dotado con un accésit a la Mejor Comunicación de las Jornadas.

Dotación de los premios

Premio a la Mejor Comunicación Oral de las Jornadas:

- Dotación económica: **1.000 euros.**
- Certificado acreditativo.
- Publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte con indicación del premio obtenido.

Accésit a la Mejor Comunicación Oral de las Jornadas:

- Dotación económica: **500 euros.**
- Certificado acreditativo.
- Publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte con indicación del premio obtenido.

El premio será entregado en la clausura de las Jornadas.

Los trabajos premiados serán publicados en la revista Archivos de Medicina del Deporte (para lo que deberán ser adaptados a las normas de publicación) y se aceptará la revisión efectuada por el Comité Científico.

Los premios podrán ser declarados desiertos si no alcanzan el nivel de calidad exigible.

Información complementaria en **www.femedede.es**

INFORMACIÓN GENERAL

Sede de las Jornadas

Hotel Silken Reino de Aragón

Vía Ibérica, 1
Calle Coso nº 80. 50001 Zaragoza
Teléfono: +34 976 468 200

Secretaría Técnica

Asociación Aragonesa de Medicina del Deporte

Paseo de Teruel nº 23, 3º-3ª. 50004 Zaragoza
Teléfono: 976 237 129
Correo electrónico: aramede@telefonica.net
Página web: <http://www.femede.es>

Agencia de viajes

Viajes El Corte Inglés S.A.

IATA 78211733. División Eventos Deportivos
Teniente Borges, nº 5. 41002 Sevilla
Teléfono: 954 506 603/04
Fax: 954 222 479
Correo electrónico: areaeventos@viajeseci.es
Horario: Lunes a viernes de 9.00-14.00 y de 16.00-19.00

Derechos de inscripción	Antes del 9-7-17	10-7-17 al 15-9-17	Desde el 16-9-17 y en sede Jornadas
Cuota general	125 euros	150 euros	200 euros
Miembros ARAMEDE/ FEMEDE	100 euros	125 euros	175 euros
Médicos MIR*	60 euros	75 euros	125 euros
Estudiantes**	30 euros	40 euros	50 euros

*Es necesaria acreditación

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

Forma de pago

Efectivo

Asociación Aragonesa de Medicina del Deporte.
Paseo de Teruel nº 23, 4º-3ª. 50004 Zaragoza (17-20 horas).

Transferencia

IBERCAJA-CAJA DE AHORROS DE LA INMACULADA:
C.C. ES78 2085 5261 6703 3007 8328

En ambos casos hay que aportar el boletín de inscripción adecuadamente cumplimentado.

2017		
11th International Symposium on Computer Science in Sport	6-9 Septiembre Konstanz (Alemania)	web: www.mmsp.uni-konstanz.de/iacss2017/home/
27º Congress European Society for surgery of the shoulder and the elbow (SECEC-ESSSE)	13-16 Septiembre Berlín (Alemania)	web: www.secec2017.com
La dosis correcta para el tratamiento del dolor y la recuperación del atleta	15 Septiembre Bari (Italia)	web: http://www.fmsi.it/
12th European Congress Fédération Internationale d'Éducation Physique	13-16 Septiembre Luxemburgo (Luxemburgo)	web: https://fiep2017luxembourg.uni.lu/
6th Annual Meeting "European Initiative for Exercise in Medicine" (EIEIM)	15-16 Septiembre Lisboa (Portugal)	web: http://exerciseismedicine.eu
Medical and Training Aspects in Handball	16 Septiembre Differdange (Luxemburgo)	web: www.handball-congress.lu
VISTA Conference	20-23 Septiembre Toronto-Ontario (Canadá)	web: http://sirc.ca/www.vista2017.com
Congreso Internacional de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud	21-23 Septiembre San Miguel de Tucumán (Argentina)	E-mail: guillermorubeno@blanquerna.url.edu
4th Saúde Atlântica & ISAKOS & ESKA International Meeting	22-23 Septiembre Porto (Portugal)	web: http://jornadassaudeatlantica.com
I Congreso Internacional en Prevención y Readaptación Física Interdisciplinar	22-24 Septiembre Granada	web: http://en-forma.es/inscripcion-congreso-en-forma/
Developments in Doping - Keeping Sport Clean	25 Septiembre Londres (Reino Unido)	E-mail: events@rsm.ac.uk
Fortius International Sports Injury Conference (FISIC'17)	27-28 Septiembre Londres (Reino Unido)	web: www.fortiusclinic.com/
54º Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (SECOT)	27-29 Septiembre Barcelona	web: www.secot.es
VII Congreso Iberoamericano de Nutrición	28-30 Septiembre Cuzco (Perú)	web: http://www.iberonutricion2017.com/
VIII Congreso de la World Federation of Athletic Trainer and Therapy: Patologías de las fascia en el deporte y su readaptación	29 Septiembre-1 Octubre Villanueva de la Cañada (Madrid)	web: http://www.ucjc.edu/congresowfatspain/
USOC's International Altitude Training Symposium (IATS)	4-6 Octubre Colorado Springs (EE.UU.)	web: http://www.teamusa.org/

4th International Symposium on Intra-Articular Treatment	5-7 Octubre Praga (Rep. Checa)	web: www.isiat2017.com
II Congreso de la Asociación Española contra la Muerte Súbita José Durán: "Mitos y realidades en la muerte súbita del deportista"	6 Octubre Madrid	web: www.fundacionquaes.com
II World Conference of Sports Physiotherapy	6-7 Octubre Belfast (Irlanda del Norte)	web: www.physiosinsport.org
International Scientific Conference on Applied Sports Science (ISCASS)	12-14 Octubre Alexandria (Egipto)	web: www.ierek.com/events/applied-sports-science-conference
Congreso Peruano de Ortopedia y Traumatología	12-14 Octubre Lima (Perú)	web: http://spotrauma.org
Congreso Internacional sobre la Enseñanza de la Educación Física y el Deporte Escolar	12-15 Octubre Villena (Alicante)	E-mail: info@profesport.org web: http://retos.org/feadef/congreso/index.html
XXI Congreso Internacional de Nutrición	15-20 Octubre Buenos Aires (Argentina)	web: www.icn2017.com
International Dead Sea Symposium (IDSS) of Sport and Arrhythmia	16-18 Octubre Tel Aviv (Israel)	web: www.idss-sport.com
European Medical Fitness Congress	20-22 Octubre Barcelona	web: www.simpmedicalfitness.es www.medicalfitnesscongress.com
48 Congreso Nacional de Podología	20-22 Octubre Salamanca	web: www.aepode.org / http://www.cgcop.es/
37º Congresso Nacional de Ortopedia e Traumatologia - SPOT 2017	26-28 Octubre Coimbra (Portugal)	web: http://beta.jointtogethergroup.com/spot2017
2nd International Conference of Sport and Health Science	1-3 Noviembre Dead Sea (Jordania)	web: http://conferences.ju.edu.jo/sites/icsscc2017
¿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
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/
10th EFSMA (European Federation of Sports Medicine Associations) Congress	16-18 Noviembre Cascais (Portugal)	Email: secretariat@efsma2017.org web: www.efsma2017.org

Agenda

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: femedede@femedede.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/
54° 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/
2018		
Congrès francophone de médecine de montagne	17-21 Enero Champéry, (Suiza)	web: www.grimm-vs.ch
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
XXVII Conferencia Internacional Sports Rehabilitation and Traumatology	Mayo Barcelona	www.isokinetic.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/

XXXV Congreso Mundial de Medicina del Deporte	12-15 Septiembre Río de Janeiro (Brasil)	web: www.fims.org
5th International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS)	27-29 Septiembre Groningen (Países Bajos)	web: http://ists2018.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 la que se destine:
 - a. **ORIGINALES:** Constará de una introducción, que será breve y contendrá la intencionalidad del trabajo, redactada de tal forma que el lector pueda comprender el texto que le sigue. **Material y método:** Se expondrá el material utilizado en el trabajo, humano o de experimentación, sus características, criterios de selección y técnicas empleadas, facilitando los datos necesarios, bibliográficos o directos, para que la experiencia relatada pueda ser repetida por el lector. Se describirán los métodos estadísticos con detalle. **Resultados:** Relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y método empleados. Estos datos pueden publicarse en detalle en el texto o bien en forma de tablas y figuras. No se debe repetir en el texto la información de las tablas o figuras. **Discusión:** Los autores expondrán sus opiniones sobre los resultados, posible interpretación de los mismos, relacionando las propias observaciones con los resultados obtenidos por otros autores en publicaciones similares, sugerencias para futuros trabajos sobre el tema, etc. Se enlazarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones gratuitas y conclusiones no apoyadas por los datos del trabajo. Los agradecimientos figurarán al final del texto.

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: Balias 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