ISSN: 0212-8799

225
Volumen 42 (1)
Enero - Febrero 2025

Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ORIGINALES

Ejercicio físico multicomponente sobre la composición corporal, capacidad cardiorrespiratoria y equilibrio en la hipofunción vestibular: resultados preliminares del estudio Exervest

Classification system for ineligible impairments in Paracanoe

Corazón en riesgo: esteroides anabólicos y la búsqueda de la perfección corporal

Análisis comparativo del uso de los criterios electrocardiográficos internacionales en deportistas jóvenes

How are Spanish athletes using technological advanced running shoes (TARS)? Do they influence injuries?

Core stability exercises on pain, lumbar and abdominal resistance in patients with brucellosis. Pilot study

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

Sociedad Española de Medicina del Deporte

Sociedad Española de Medicina del Deporte

Junta de Gobierno
Presidente
Miguel Enrique del Valle Soto
Vicepresidente
Gonzalo María Correa González
Secretario General
Luis Franco Bonafonte
Tesorero
Javier Pérez Ansón
Vocales
Ostaiska Eguia Lecumberri
Francisco Javier Rubio Pérez
Mª Concepción Ruiz Gómez
Ex-Presidente
Pedro Manonelles Marqueta

Edita
Sociedad Española de Medicina del Deporte
C/ Cánovas nº 7, local
50004 Zaragoza (España)
Tel. +34 976 02 45 09
femede@femede.es
www.femede.es

Correspondencia:
C/ Cánovas nº 7, local
50004 Zaragoza (España)
archmeddeporte@semede.es
http://www.archivosdemedicinadeldeporte.com/

Publicidad
ESMON PUBLICIDAD
Tel. 93 2159034

Publicación bimestral
Un volumen por año

Depósito Legal
Zaragoza. Z 988-2020

ISSN
0212-8799

Soporte válido
Ref. SVR 389

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

La dirección de la revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, la cual recaerá exclusivamente sobre sus autores.
Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente por ningún medio sin la autorización por escrito de los autores.
Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.
Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

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

Director
Pedro Manonelles Marqueta

Editor
Miguel E. Del Valle Soto

Administración
Melissa Artajona Pérez

Adjunto a dirección
Ana Larma Vela

Comité Editorial

Norbert Bachl. Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Araceli Boraita.** Servicio de Cardiología. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de deportes. España. **Mats Borjesson.** University of Gothenburg. Suecia. **Josep Brugada Terradellas.** Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. España. **Maria Cascais.** Presidenta de la Sociedade Portuguesa de Medicina Desportiva. Lisboa (Portugal). **Ana Cintrón-Rodríguez.** Puerto Rico. Departamento de Medicine Física y Rehabilitación VA Caribbean Healthcare System. San Juan. Puerto Rico. **Nicolas Christodoulou.** President of the UEMS MJC on Sports Medicine. Chipre. **Demitri Constantinou.** University of the Witwatersrand. Johannesburgo. Sudáfrica. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. España. **Walter Frontera.** Universidad de Vanderbilt. Past President FIMS. Estados Unidos. **Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea.** Médico responsable nutrición y fisiología del esfuerzo. Hospital Quirón. San Sebastián. **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. **Anca Ionescu.** University of Medicine "Carol Davila". Bucarest. Rumanía. **Markku Jarvinen.** Institute of Medical Technology and Medical School. University of Tampere. Finlandia. **Anna Jegier.** Medical University of Lodz. Polonia. **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.** Director de la Escuela de Cardiología de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. España. **Nicola Maffully.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **Alejandro Martínez Rodríguez**. Universidad de Alicante. España. **Estrella Núñez Delicado**. Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Sakari Orava.** Hospital Universitario. Universidad de Turku. Finlandia. **Eduardo Ortega Rincón.** Universidad de Extremadura. España. **Nieves Palacios Gil-Antuñano.** Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes. España. **Antonio Pelliccia.** Institute of Sport Medicine and Science. Italia. **Fabio Pigozzi.** University of Rome Foro Italico, President FIMS. Italia. **Yannis Pitsiladis.** Centre of Sports Medicine. University of Brighton. Inglaterra. **Per Renström.** Stockholm Center for Sports Trauma Research, Karolinska Institutet. Suecia. **Juan Ribas Serna.** Universidad de Sevilla. España. **Peter H. Schober.** Medical University Graz. Austria. **Jordi Segura Noguera.** Presidente Asociación Mundial de Científicos Antidopajes (WAADS). España. **Giulio Sergio Roi.** Universidad de Bolonia. Italia. **Luis Serratosa Fernández.** Jefe del Servicio de Rehabilitación, Fisioterapia y Medicina del Deporte del Hospital Universitario Quirón Madrid. España. **Nicolás Terrados Cepeda.** Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. España. **José Luis Terreros Blanco.** Director de la Agencia Estatal Comisión Española para la Lucha Antidopaje en el Deporte. CELAD. **Rosa Ventura Alemany.** Directora del Laboratorio Antidopaje de Cataluña (IMIM). **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza. **Petra Zupet.** IMS Institute for Medicine and Sports. Liubliana. Eslovenia.

Archivos
de medicina del deporte
Volumen 42(1) - Núm 225. Enero - Febrero 2025 / *January - February 2025*

Sumario / Summary

Editorial

Sobre la problemática del dopaje en el deporte, ¿hasta dónde se está dispuesto a llegar?
Regarding the issue of doping in sport, how far are you willing to go?
Gonzalo Correa González 5

Originales / Original articles

Ejercicio físico multicomponente sobre la composición corporal, capacidad cardiorrespiratoria y equilibrio en la hipofunción vestibular: resultados preliminares del estudio Exervest
Multi-component exercise on body composition, cardiorespiratory fitness, and balance in vestibular hypofunction: preliminary results of the Exervest study
Asier Lekue-Madinabeitia, Gontzal Rodríguez-Arietaleanizbeaskoa, Maitane Ruiz-Rios, Mikel Tous-Espelosin, Pablo Corres, Antonio Moreno-Rueda, Sara Maldonado-Martin 8

Classification system for ineligible impairments in Paracanoe
Sistema de clasificación en deficiencias no elegibles en paracanoe
Ana Larma, Selma Palacín, Ismael Uali, David Rivera, Higinio Rivero 15

Corazón en riesgo: esteroides anabólicos y la búsqueda de la perfección corporal
Heart at risk: steroids and the pursuit of body perfection
Claudia-Yaneth Rodríguez-Triviño, Sammy Felipe Castellanos Rojas, Carlos Andrés Gómez Coronado, Sergio Andrés Cristancho Losada, Eduardo Henrique Mercado Pernett 22

Análisis comparativo del uso de los criterios electrocardiográficos internacionales en deportistas jóvenes
Comparative analysis of the use of international electrocardiographic criteria in young athletes
Antonio Rodríguez Martínez, Pablo Berenguel Martínez 32

How are Spanish athletes using technological advanced running shoes (TARS)? Do they influence injuries?
Zapatillas tecnológicamente avanzadas. ¿Cómo las utilizan los atletas de la Selección Española?¿Influye en la aparición de lesiones?
Raul Zapata-Rodrigo, Elisa M. Benito-Martínez, Christophe Ramírez Parenteau 40

Core stability exercises on pain, lumbar and abdominal resistance in patients with brucellosis. Pilot study
Ejercicios del core sobre dolor, resistencia lumbar y abdominal en pacientes con brucelosis. Estudio piloto
Leila Rezaei, Hoseyn Fatolahi, Mehdi Taghva, Mobina Aghajani, Martin Hofmeister, Ángela Molina Fresno, Marina Seco Casares, Gema Santamaría, Diego Fernández-Lázaro, Mohammad Ali Azarbayjani 48

Normas de publicación / Guidelines for authors 57

Sobre la problemática del dopaje en el deporte, ¿hasta dónde se está dispuesto a llegar?

Regarding the issue of doping in sport, how far are you willing to go?

Gonzalo Correa González

Vicepresidente Sociedad Española de Medicina del Deporte. Médico asistencial Fremap. Director médico ALGEASALUD. Jefe servicios médicos CD Extremadura 1924. Médico asistencial mutualidad futbolistas españoles.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00191

Actualmente, todas las semanas conocemos casos de deportistas y/o personal de apoyo a deportistas que son sancionados por incumplir la normativa de la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) o World Anti Doping Agency (WADA) en inglés. Recientemente, por ejemplo, el número 1 del tenis mundial ha sido sancionado con 3 meses por dopaje. Pero ¿qué es el dopaje? El dopaje se define como la infracción de una o varias de las normas antidopaje establecidas en el código mundial antidopaje y los estándares internacionales aprobados por la AMA; por tanto, dopaje no sólo se limita a un resultado positivo en un control de dopaje (detección de una sustancia prohibida en la muestra del deportista) sino que dopaje es incumplir cualquiera de las 11 normas antidopaje existentes, y que pueden afectar tanto a deportistas como a su personal de apoyo. Las cinco primeras son infracciones únicamente cometidas por el deportista y las seis siguientes pueden cometerlas también el personal de apoyo.

Estos once puntos son:

- Presencia de una sustancia prohibida en la muestra del deportista.
- Uso o intento de uso de una sustancia o método prohibido.
- Negarse a someterse a un control de dopaje o evadirlo sin una justificación válida.
- Fallo en la localización del deportista para controles fuera de competición.
- Manipulación o intento de manipulación de cualquier parte del control de dopaje.
- Posesión de sustancias o métodos prohibidos sin autorización.
- Tráfico o intento de tráfico de sustancias o métodos prohibidos.
- Administración o intento de administración de una sustancia o método prohibido a un deportista.
- Complicidad en cualquier infracción de las normas antidopaje.
- Asociación prohibida con personal de apoyo al deportista que esté sancionado por dopaje.
- Actos de represalia contra informantes que denuncien infracciones de dopaje.

Ahora bien, ¿qué puede llevar a un deportista a infringir el código? ¿Qué factores pueden influir? Por un lado, serían los fisiológicos según disciplina deportiva, ya que el atletismo o ciclismo son mucho más exigentes en cuanto al volumen máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$) necesario para rendir que otras modalidades…y se consumen sustancias para aumentar la capacidad de transportar oxígeno como la EPO, en microdosis, estimulantes y broncodilatadores. En disciplinas donde se requiere mucha fuerza como halterofilia, se consumen más esteroides anabolizantes, hormona crecimiento, insulina, SARM…

Otro factor que predispone a infringir la normativa reside en la necesidad de conseguir logros y resultados, ser popular y atraer patrocinios; el deportista se siente importante, reconocido y no quiere "dejar de ser" aún con el paso de los años…

La carencia de formación/información en términos de dopaje, las dudas de si podrán volver al nivel previo tras sufrir lesiones o el entorno del deportista cuando le ofrecen la posibilidad de infringir las normas son otros factores a tener en cuenta.

Y ¿qué hay del dopaje involuntario? ¿Es posible que en ocasiones se incumpla la normativa sin voluntariedad expresa de hacerlo? El dopaje inadvertido se produce cuando el deportista consume un medicamento sin ser consciente de que contiene sustancias prohibidas en su composición y no ha solicitado una autorización de uso terapéutico (AUT). También puede existir dopaje accidental cuando el deportista consume complementos alimenticios "contaminados".

Correspondencia: Gonzalo Correa González
E-mail: gonzalocorreagonzalez@gmail.com

En 2015 un estudio financiado por la Agencia Mundial Antidopaje se analizaron 597 suplementos en 17 diferentes países adquiridos a través de Internet, en cuatro de ellos se encontró la presencia de sustancias prohibidas: androsta-1,4-dien-3,17-diona, DHEA y androsta-1,4,6-trien-3,17-diona.

Otro estudio en 2015 realizado por la Agencia Antidopaje Holandesa encontró en el 38% de los complementos una o más sustancias prohibidas.

En 2016 otro estudio de la empresa LGC en Australia analizó 67 suplementos adquiridos a través de Internet y tiendas físicas. En el 19% de los casos se encontraron una o más sustancias prohibidas que habrían dado lugar a un resultado positivo de control de dopaje.

¿Cómo se podría evitar? Se debe consultar a un médico experto antes de consumir suplementos y/o medicamentos, existen aplicaciones como NOdopAPP, NOdopWeb y sellos de certificadoras de suplementos libres de sustancias dopantes como INFORMED-SPORT, NZVT, DRUGFREESPORT entre otros.

Como norma habría que desconfiar de productos que: utilizan "fórmulas secretas", contienen términos como "producto natural", ofrecen "resultados espectaculares y rápidos".

¿Qué se está utilizando para aumentar el rendimiento?

Desde el gas Xenón, que la AMA incluyó en la Lista de sustancias y métodos prohibidos de 2014, alertada por los potenciales efectos de mejora del rendimiento en la práctica deportiva que puede producir la administración de este gas ya que la inhalación del mismo, mezclado con oxígeno, estimula el llamado HIF-1-alfa (del inglés Hypoxia Inducible Factor o factor inducible de la hipoxia), que es un factor de transcripción que, entre otros efectos, estimula la producción de eritropoyetina o EPO endógena cuyos efectos son: estímulo de la síntesis de glóbulos rojos e incremento de los parámetros hematológicos en general". Todo ello tiene como consecuencia última, una mejora del transporte de oxígeno a los tejidos y, por consiguiente, un incremento en el rendimiento deportivo.

Pasando por el dopaje genético y de células, que consiste en modificar los genes o usar células para mejorar el rendimiento y que es injusto para los otros competidores y altamente peligroso.

En 2006 se tuvo conocimiento de que un entrenador alemán presuntamente suministraba Repoxygen a menores de edad, una terapia genética desarrollada por los laboratorios británicos Oxford Biomedica en el 2002 como un tratamiento muy eficaz para la anemia severa en los procesos neoplásicos y en la insuficiencia renal. El tratamiento con Repoxygen está basado en la administración intramuscular directa de un virus inactivado que porta el gen de la eritropoyetina. El fármaco, parasita un gen especializado en el ADN de su huésped, en este caso, el gen que es responsable de la síntesis de EPO. En las circunstancias adecuadas, el gen dirige las células para comenzar a hacer eritropoyetina extra.

Hasta los SARM (siglas en inglés de moduladores selectivos de los receptores de andrógenos). Los SARM son sustancias químicas que tienen efectos similares a los de la testosterona y de los esteroides anabolizantes. Se trata de un conjunto de sustancias muy diversas y sus nombres específicos, entre otros, son: enobosarm (ostarina), LGD-4033 (ligandrol), RAD140, SARMS S4 (andarina), YK-11 y SARMS S-23. Los SARM están catalogados por la Agencia Española del Medicamento como "medicamentos en experimentación", por lo que su distribución y venta no está autorizada en España.

Estas sustancias, que tienen efectos similares a la testosterona y a los esteroides anabolizantes, están dirigidas a adolescentes y adultos jóvenes, a veces a través de videos en las plataformas de redes sociales que promocionan los SARM como una forma rápida o fácil de mejorar la apariencia física, ganar masa y fuerza muscular o aumentar el rendimiento deportivo.

Y ¿en qué lugar quedan los riesgos para la salud asociados al consumo de estas sustancias?

Por desgracia en un lugar muy secundario… Consumir EPO aumenta el riesgo de trombosis, accidentes cardiovasculares, embolias e hipertensión.

Los esteroides anabolizantes provocan: caída del pelo, acné en espalda y rostro, incremento del riesgo de patologías hepáticas, cambios bruscos de humor, incremento de la agresividad, atrofia testicular, crecimiento del pecho (ginecomastia), reducción del apetito sexual, impotencia, reducción de la producción de esperma, agravamiento de la voz, vello facial y corporal, ciclo menstrual alterado, crecimiento del clítoris.

Efectos perjudiciales para la salud de los SARM englobaría la elevación de la presión arterial con resultado de hipertensión arterial, erupciones en la piel, riesgo de ataque cardíaco o accidente cerebrovascular, dolores de cabeza, psicosis, alucinaciones, alteraciones del sueño, lesión hepática e insuficiencia hepática aguda, problemas de visión o infertilidad, aborto espontáneo, diminución del tamaño de los testículos, disfunción sexual o impotencia.

La administración de insulinas puede desencadenar mareos y coma.

Y la reflexión sería ¿hasta dónde se está dispuesto a llegar?

Bibliografía recomendada

- Documentación curso agente control dopaje CELAD.
- Documentación curso personal apoyo a deportistas CELAD.
- Comunicado_SARM-2025- SEMED-CELAD-OMC- ACN-UCAM.
- Ley Orgánica 11/2021, de 28 de diciembre, lucha contra el dopaje en el deporte.
- Real Decreto 1303/2024, de 23 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 11/2021, de 28 de diciembre, de lucha contra el dopaje en el deporte, aprobado por el Real Decreto 792/2023, de 24 de octubre.
- Jelkmann W. Erythropoiesis stimulating agents and techniques: a challenge for doping analysts. *Curr Med Chem*. 2009;16:1236-47.
- Fattori E, Cappelletti M, Zampaglione I, Mennuni C, Calvaruso F, Arcuri M, *et al*. Gene electro-transfer of an improved erythropoietin plasmid in mice and non-human primates. *J Gene Med*. 2005;7:228-36.

Analizador Instantáneo de Lactato

Lactate Pro 2

arkray

LT-1730

- Sólo 0,3 µl de sangre
- Determinación en 15 segundos
- Más pequeño que su antecesor
- Calibración automática
- Memoria para 330 determinaciones
- Conexión a PC
- Rango de lectura: 0,5-25,0 mmol/litro
- Conservación de tiras reactivas a temperatura ambiente y
- Caducidad superior a un año

Importador para España:

francisco j. bermell
ELECTROMEDICINA
www.bermellelectromedicina.com
EQUIPOS PARA EL DEPORTE Y LA MEDICINA DEL DEPORTE

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

Bermell Electromedicina **@BermellElectromedicina** **Bermell Electromedicina**

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

Índice

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

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

Índice

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

Ejercicio físico multicomponente sobre la composición corporal, capacidad cardiorrespiratoria y equilibrio en la hipofunción vestibular: resultados preliminares del estudio Exervest

Asier Lekue-Madinabeitia[1,2], Gontzal Rodríguez-Arietaleanizbeaskoa[3], Maitane Ruiz-Rios[2,4], Mikel Tous-Espelosin[2,4], Pablo Corres[2,4], Antonio Moreno-Rueda[1,2], Sara Maldonado-Martin[2,4]

[1]Departamento de Otorrinolaringología. Hospital Universitario de Araba. OSIARABA. Vitoria-Gasteiz. Araba/Álava. País Vasco. [2]Instituto de Investigación Sanitaria Bioaraba. Vitoria-Gasteiz, Araba/Álava. [3]Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Educación y Deporte-Sección Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Vitoria-Gasteiz. Araba/Álava. [4]Glzartea, Kirola eta Ariketa Fisikoa Ikerkuntza Taldea (GIKAFIT). Grupo de Investigación Sociedad, Deporte y Ejercicio Físico. Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Educación y Deporte-Sección Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Vitoria-Gasteiz. Araba/Álava.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00192

Recibido: 31/10/2024
Aceptado: 30/11/2024

Resumen

Objetivos: El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con hipofunción vestibular (HV) en la composición corporal, capacidad cardiorrespiratoria (CCR) y equilibrio.
Material y método: Personas con HV (n = 45) se aleatorizaron en un grupo de atención control (GAC, tratamiento habitual) y en un grupo de ejercicio físico (GEF, 2 días por semana, 60 min/día, con un programa multicomponente incluyendo resistencia aeróbica, fuerza y equilibrio). Antes y después de ocho semanas de intervención se valoró a todas las personas participantes la composición corporal [masa corporal (MC), masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG)], la CCR con una prueba pico de esfuerzo cardiopulmonar [consumo pico de oxígeno (VO_{2pico})] y el equilibrio con la prueba *Modified Dynamic Gait Index* (MDGI).
Resultados: Después de la intervención GEF disminuyó el %MG (p = 0,041, Δ = -4,4%) y aumentó el %MLG (p = 0,041, Δ = 2,2%), incrementó el VO_{2pico} tanto en valores relativos ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, p = 0,007, Δ = 9,9%) como absolutos ($L \cdot min^{-1}$, p = 0,007, Δ = 10,5%), y presentó valores superiores en la prueba MDGI (p = 0,008, Δ = 4,1%). En cambio, el GAC no presentó cambios significativos en la composición corporal, ni prueba MDGI, y se observaron descensos en el VO_{2pico} absoluto ($L \cdot min^{-1}$, p = 0,016, Δ = -11,1%), sin cambios significativos en valores relativos.
Conclusión: En conclusión, un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV parece mejorar la composición corporal, CCR y equilibrio. Se debería recomendar y aplicar un estilo de vida saludable basado en la práctica regular de ejercicio físico para reducir los efectos de la propia enfermedad, el sedentarismo generado por los síntomas o la posible aparición de otras enfermedades.

Palabras clave:
Hipofunción vestibular. Ejercicio físico. Capacidad cardiorrespiratoria. Composición corporal. Equilibrio.

Multi-component exercise on body composition, cardiorespiratory fitness, and balance in vestibular hypofunction: preliminary results of the Exervest study

Summary

Objectives: This study aimed to analyse the effects of a multi-component exercise programme in people with vestibular hypofunction (VH) on body composition, cardiorespiratory fitness (CRF), and balance.
Material and method: People with VH (n = 45) were randomised into a control care group (CG, treatment as usual) and an exercise group (EG, 2 days per week, 60 min/day, with a multi-component programme including aerobic endurance, resistance training, and balance). Before and after eight weeks of intervention, all participants were assessed for body composition [body mass (BM), fat mass (FM), and fat-free mass (FFM)], CRF with a peak cardiopulmonary exercise test [peak oxygen consumption (VO_{2peak})] and balance with the Modified Dynamic Gait Index (MDGI) test.
Results: After the intervention EG decreased %FM ($P = 0.041$, Δ = -4.4%) and increased %FFM ($P = 0.041$, Δ = 2.2%), increased VO_{2peak} both in relative ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $P = 0.007$, Δ = 9.9%) and absolute values ($L \cdot min^{-1}$, $P = 0.007$, Δ = 10.5%), and presented higher values in the MDGI test ($P = 0.008$, Δ = 4.1%). In contrast, the CG showed no significant changes in body composition nor MDGI test, and decreases were observed in absolute VO_{2peak} ($L \cdot min^{-1}$, $P = 0.016$, Δ = -11.1%), with no significant changes in relative values.
Conclusion: In conclusion, a multi-component exercise programme improves body composition, CRF, and balance in people with VH. A healthy lifestyle based on regular exercise should be recommended and implemented to reduce the effects of the disease and the sedentary lifestyle generated by the symptoms or the possible occurrence of other diseases.

Key words:
Vestibular hypofunction. Exercise. Cardiorespiratory fitness. Body composition. Balance.

Correspondencia: Asier Lekue-Madinabeitia
E-mail: asieriagoba.lekuemadinabeitia@osakidetza.eus

Introducción

El sistema vestibular es un sistema sensorial que implica la comunicación entre el sistema ocular, los músculos posturales, el tronco encefálico, el cerebelo, el córtex y el aparato vestibular periférico. Este último está compuesto por pequeñas estructuras en el oído interno que detectan el movimiento de la cabeza y las fuerzas gravitatorias sobre el cuerpo. Esta información es procesada en el cerebro para mantener el equilibrio, el correcto procesamiento de las imágenes visuales y la orientación espacial durante el movimiento[1]. En este sentido, la hipofunción vestibular (HV) es un trastorno parcial o total del sistema vestibular central (tronco encefálico, cerebelo y conexiones vestíbulo-cerebelosas) o periférico (laberinto o nervio vestibular), que puede provocar síntomas incapacitantes tanto estáticos (desviación oblicua, asimetrías posturales) como dinámicos (mareos, desequilibrio, ataxia, lateropulsión, oscilopsia)[2].

La HV afecta gravemente en el funcionamiento y la vida diaria de las personas que lo padecen. De hecho, síntomas como la ataxia (*i.e.* falta de coordinación e inestabilidad en la marcha) o la oscilopsia *(i.e.* alteraciones visuales) provocan un mayor riesgo de caídas. Estos síntomas empeoran la habilidad de las personas para hacer actividades de la vida diaria, empeorando así su calidad de vida y generando un impacto negativo personal, social y económico[2]. Estas incapacidades afectan a la autoconfianza y generan miedo y/o ansiedad a la hora de participar en diferentes actividades sociales. Como consecuencia, las personas con HV tienden a limitar la actividad física (AF) y a llevar una vida sedentaria para evitar la provocación de los síntomas antes mencionados, lo que, al mismo tiempo, empeora tanto la HV como la posible aparición de otras enfermedades[3].

Este comportamiento sedentario e inactividad física están asociados a un mayor riesgo de enfermedades crónicas no trasmisibles, peor calidad de vida y mayor mortalidad[4]. Estos comportamientos tienen varios efectos negativos en la salud, como el incremento no saludable de la masa grasa y el descenso de la capacidad cardiorrespiratoria (CCR) y de la masa libre de grasa, disminuyendo el equilibrio y aumentando el número de caídas. Además, podrían empeorar la calidad de vida de la persona, por lo que la realización de la AF puede ser un buen tratamiento adyuvante para las personas con HV[5].

Asimismo, para las personas con HV se ha determinado que la rehabilitación vestibular es eficaz para estimular el desarrollo de mecanismos que corrigen las alteraciones de la orientación espacial y el equilibrio, mejorando así su calidad de vida[6]. Estudios previos en rehabilitación vestibular a través de terapia física han incluido ejercicios de habituación o repetición, ejercicios de equilibrio, estático y dinámico, y control postural alterando la entrada visual (ojos cerrados, realidad virtual) y la somato-sensorial (gomaespuma), ejercicios de marcha, y, de acondicionamiento general para mejorar la estabilidad postural y de la mirada[7]. Sin embargo, los programas deberían ser individualizados y adaptados a las características de la lesión y la capacidad funcional de cada paciente. Por ello, realizar un programa de ejercicio físico, de manera supervisada es de vital importancia si se quiere crear esa adherencia a la AF y acabar con el sedentarismo antes mencionado[8].

Así, teniendo en cuenta los beneficios que genera la AF, es importante buscar una buena metodología de entrenamiento para personas con HV. Estas recomendaciones han sido generadas por la OMS y su clasificación se hace dependiendo de la edad y la condición de enfermedad. En este caso, la OMS afirma que las personas adultas de ≥18 años y con patologías crónicas deben realizar entre 150 y 300 minutos semanales de AF aeróbica de intensidad moderada y/o entre 75 y 150 minutos semanales de AF aeróbica de intensidad vigorosa, o bien una combinación equivalente de intensidad moderada y vigorosa cada semana. También se recomienda al menos dos días a la semana actividades de fortalecimiento muscular mediante ejercicios de fuerza de intensidad moderada o más elevada, y a las personas de ≥65 años, además de lo mencionado, se les recomienda entrenar al menos tres días a la semana ejercicios de equilibrio funcional y prevención de caídas[9]. Por lo tanto, un programa de ejercicio físico multicomponente, el cual combina entrenamiento de fuerza, resistencia, equilibrio y marcha, podría ser el más beneficioso para aumentar la masa corporal magra, la CCR y el equilibrio, y, como consecuencia, para el mantenimiento de la autonomía, la disminución del riesgo y el número de caídas y la mejora de la calidad de vida[10]. Las intervenciones que combinan el entrenamiento en intervalos de alta intensidad (HIIT) y el entrenamiento de fuerza muscular ejercen efectos beneficiosos que son superiores a otra modalidad de ejercicio físico para aumentar la masa corporal magra y la CCR, lo que a su vez reduce el riesgo de morbilidad y mortalidad[11]. El HIIT es una metodología de entrenamiento que se basa en series repetidas de ejercicio de alta intensidad alternadas con series de ejercicio de baja-moderada intensidad o de recuperación. El HIIT puede tener ventajas añadidas en comparación con el ejercicio continuo de moderada intensidad, ya que conlleva una mejora superior de la CCR y produce cambios musculares periféricos que dan lugar a menos síntomas negativos del entrenamiento[12]. Además, teniendo en cuenta que la falta de tiempo es el mayor obstáculo para hacer AF regular, el HIIT de bajo volumen (10 minutos o menos a alta intensidad) puede ser una mejor opción para el entrenamiento aeróbico, con el logro de mayores estímulos fisiológicos, en comparación a un programa de intensidad ligera-moderada y más alto volumen[13]. Por otro lado, la retrocaminata (*i.e.,* caminar hacia atrás) está relacionada con la mejora vestibular y de la calidad de vida. Así, se ha observado que los movimientos retro reducen la carga que cae sobre las articulaciones de las extremidades y aumentan la potencia muscular. Además, mientras una persona camina hacia atrás, se mueve sin depender de su vista lo que desarrolla más sus otros sentidos, principalmente la audición, y aumenta el equilibrio y la propiocepción[14]. Todo diseño de ejercicio físico debe basarse en el principio FITT (Frecuencia, Intensidad, Tiempo y Tipo) y organizar un entrenamiento en base a las variables que sus siglas indican. Sin embargo, faltan estudios que determinen un protocolo adecuado considerando el principio FITT y las recomendaciones de AF para la población en general integrando un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV. Por ello el objetivo principal del presente estudio fue analizar los efectos de un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV en la composición corporal, CCR y equilibrio.

Material y método

El protocolo del estudio EXERVEST ha sido previamente publicado[15]. La muestra del presente estudio incluyó 45 personas adultas (57,3 ± 9,9

años) con HVU o HVB crónica que acudieron al Servicio de Otoneurología del hospital universitario de la OSI Araba (Servicio de Salud Público de Araba/Álava). Todas las personas participantes cumplieron los criterios de inclusión y exclusión con informe favorable por el Comité Ético de Investigación de la OSI Araba (Expediente 2021-095). Una vez firmados los consentimientos las personas participantes se aleatorizaron en dos grupos: el grupo de ejercicio físico (GEF n = 25) y el grupo de atención control (GAC, n = 20). Todas las personas reclutadas fueron valoradas en dos momentos, antes (T0) y después (T1) de las ocho semanas de intervención para analizar las variables del presente estudio.

El equilibrio y riesgo de caídas se valoraron a través de la prueba *Modified Dynamic Gait Index* (MDGI)[16]. Para la valoración de la composición corporal, la masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG) se evaluaron con análisis de impedancia bioeléctrica (Tanita, BF 350 y Tanita, BC-418 MA, Ámsterdam, Países Bajos). Para analizar la CCR y determinar el consumo pico de oxígeno (VO_{2pico}) y umbrales ventilatorios (VT) se llevó a cabo una prueba pico de esfuerzo cardiopulmonar limitada por síntomas en un cicloergómetro Lode Excalibur con freno electrónico (Groningen, Países Bajos) en condiciones controladas en laboratorio. El protocolo comenzó a 40 W (~70 rpm), con incrementos graduales de 10 W cada minuto hasta el agotamiento. El análisis de gases y ventilación, así como la monitorización con electrocardiograma se realizaron con el sistema ErgoCard Medisoft S.S (Belgium Ref. USM001 V1.0 system), incluyendo la calibración antes de cada prueba siguiendo las instrucciones del fabricante. El logro de VO_{2pico} se asumió cuando se obtuvieron dos o más de los siguientes ítems:

- Lograr >85% de la frecuencia cardíaca máxima (FC) prevista para la edad.
- Fatiga máxima percibida (>18 en la escala Borg).
- Índice de intercambio respiratorio máximo ≥1,10.
- Omisión del incremento del consumo de oxígeno y/o FC con aumentos en la tasa de trabajo[17].

Las mediciones del primer y segundo umbral ventilatorio (UV1 y UV2) se llevaron a cabo mediante los métodos estandarizados de pendiente V y equivalentes ventilatorios[17]. Después de lograr el esfuerzo pico, las personas participantes permanecieron en reposo en la bicicleta durante cinco minutos para su recuperación con monitorización de electrocardiograma y presión arterial. Se determinaron tres rangos de intensidad de ejercicio físico mediante la identificación de los dos UV: R1, de ligero a moderado con valores de FC inferiores a UV1; R2, moderada a vigorosa con valores de FC entre UV1 y UV2; y R3, de vigoroso a severo con valores de FC más altos que los asociados con el UV2 hasta la FC_{pico}.

Antes de la intervención se les retiraron todos los fármacos antivertiginosos a las personas participantes. El grupo GAC realizó únicamente ejercicios de rehabilitación vestibular en domicilio que habitualmente se prescriben en consulta con este tipo de pacientes, especialmente enfocados en entornos visuales y posturales complejos. Las personas participantes del GEF se ejercitaron dos días no consecutivos a la semana durante ocho semanas bajo la supervisión de especialistas en ejercicio físico. Cada sesión incluyó un calentamiento estandarizado de 15 minutos con ejercicios de movilidad articular y técnica de marcha y un enfriamiento de cinco minutos con ejercicios básicos de estiramiento y respiración controlada. La parte central de cada sesión de entrenamiento consistió en:

- Un programa HIIT aeróbico de bajo volumen en bicicleta (15 min de volumen total), más cinco minutos de retrocaminata en cinta en R1-R2.
- Un entrenamiento en circuito cronometrado (45/20 segundos por ejercicio) con nueve ejercicios de equilibrio y resistencia que incluyeron control postural e integración de los principales grupos musculares y patrones motores básicos, incluidos cuatro ejercicios de *core* al final.

Análisis estadístico

Para determinar la normalidad se realizó una prueba de Shapiro-Wilk. Además de la edad y la masa corporal (MC); el resto de las variables se consideraron distribuidas no normales. Se calcularon estadísticas descriptivas para todas las variables. Los datos se expresaron como media ± desviación estándar (DE) cuando se cumplía la normalidad y como mediana ± rango intercuartílico cuando había distribución no normal. En todas las variables paramétricas se utilizó una prueba *t* de muestras independientes para determinar si existía una diferencia significativa entre los grupos, mediante *t*-Student para las que seguían una distribución normal y U de Mann-Whitney en caso de que no siguieran una distribución normal. Se calculó la d de Cohen para describir la diferencia media estandarizada en los tamaños del efecto entre grupos. Los tamaños del efecto se interpretaron como pequeños (d = 0,2), medianos (d = 0,5) y grandes (d = 0,8) basándose en los puntos de referencia sugeridos por Cohen (1988). Se utilizó una prueba *t* de dos muestras para determinar si existían diferencias significativas en los datos registrados entre antes y después de la intervención dentro de cada grupo. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para examinar la puntuación delta (Δ) para cada grupo (GEF, GAC). Los datos se analizaron según el principio de intención de tratar. La significación estadística se fijó en $p \leq 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 25.0.

Resultados

Antes de la intervención (Tabla 1) se observó que no existían diferencias significativas entre grupos (GEF *vs*. GAC) en ninguna de las variables analizadas. Tanto los hombres (31,6 ± 7,8%) como las mujeres (34,8 ± 7,7%) presentaban valores de obesidad en relación con el porcentaje de MG (%MG)[18]. Los valores de VO_{2pico} teniendo en cuenta la edad (57,3 años) y el sexo de las personas participantes, indican que los hombres se encuentran en el percentil 40 (VO_{2pico} = 23,0 ± 10,0 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) y las mujeres en el percentil 80 (VO_{2pico} = 21,0 ± 7,0 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)[19]. Según los resultados medios de la prueba MDGI (60,0 ± 6,0) las personas participantes no presentaban riesgo de caídas[20].

Al analizar los valores postintervención (Tabla 2), mientras en el GEF se presentaron incrementos significativos en el porcentaje de MLG (%MLG) ($p = 0,041$, $\Delta = 2,2\%$), en el VO_{2pico} tanto en valores relativos ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p = 0,007$, $\Delta = 9,9\%$), como absolutos ($L \cdot min^{-1}$, $p = 0,007$, $\Delta = 10,5\%$) y en el MDGI ($p = 0,008$, $\Delta = 4,1\%$) y descenso significativo en el % MG ($p = 0,041$, $\Delta = -4,4\%$); el GAC mostró descensos significativos en el VO_{2pico} absoluto ($L \cdot min^{-1}$, $p = 0,016$, $\Delta = -11,1\%$), sin cambios en el resto de variables. En consecuencia, el análisis de la comparativa de los cambios entre los dos grupos después de la intervención pre-

Tabla 1. Análisis preintervención de la población del estudio EXERVEST.

	TODAS (n = 45)	GEF (n = 25)	GAC (n = 20)	p	D de Cohen
Edad (años)	57,3 ± 10,0	55,0 ± 8,5	60,1 ± 11,1	0,043	0,52
MC (kg)	75,0 ± 16,6	77,3 ± 15,7	72,0 ± 17,6	0,146	0,32
MG (%)	33,7 ± 7,8	33,5 ± 7,1	33,9 ± 8,7	0,441	0,05
MLG (%)	66,3 ± 7,8	66,5 ± 7,1	66,1 ± 8,7	0,441	0,05
UV1 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	12,0 ± 6,0	12,0 ± 5,5	12,0 ± 5,5	0,766	0
RER_{pico}	1,1 ± 0,1	1,12 ± 0,15	1,1 ± 0,07	0,083	0,17
VO_{2pico} ($mL \cdot kg_{.1} \cdot min^{-1}$)	22,0 ± 10,0	22,0 ± 8,0	22,5 ± 11,0	0,945	0,05
VO_{2pico} ($L \cdot min^{-1}$)	1,6 ± 0,7	1,6 ± 0,6	1,5 ± 1,1	0,283	0,11
MDGI	60,0 ± 6,0	61,0 ± 17,0	60,0 ± 5,0	0,426	0,08

GAC: Grupo de atención control; GEF: Grupo ejercicio físico; IMC: Índice de masa corporal; MC: Masa corporal; MG: Masa grasa; MLG: Masa libre de grasa; MDGI: *Modified Dynamic Gait Index*; RER_{pico}: *Peak respiratory exchange ratio*; UV1: Umbral ventilatorio 1; VO_{2pico}: Consumo de oxígeno pico.

Tabla 2. Análisis postintervención de la población del estudio EXERVEST.

		GEF (n = 16)		GAC (n = 14)		p
			P_{T0-T1}		P_{T0-T1}	
MC (kg)						
	T0	78,8 ± 17,1		70,5 ± 15,3		
	T1	77,9 ± 16,4	0,064	70,2 ± 15,9	0,365	0,258
MG (%)						
	T0	31,7 ± 7,3		35,7 ± 6,5		
	T1	30,3 ± 8,1	0,041	33,8 ± 8,4	0,231	0,426
MLG (%)						
	T0	68,2 ± 7,3		64,2 ± 6,5		
	T1	69,7 ± 8,1	0,041	66,2 ± 8,4	0,231	0,427
UV1 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)						
	T0	14,9 ± 5,8		13,6 ± 4,6		
	T1	16,3 ± 6,1	0,183	12,8 ± 2,7	0,591	0,180
RER_{pico}						
	T0	1,11 ± 0,07		1,09 ± 0,07		
	T1	1,07 ± 0,09	0,064	1,07 ± 0,08	0,223	0,758
VO_{2pico} ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)						
	T0	25,2 ± 7,2		24,6 ± 6,5		
	T1	27,7 ± 8,3	0,007	22,3 ± 6,7	0,054	<0,001
VO_{2pico} ($L \cdot min^{-1}$)						
	T0	1,9 ± 0,5		1,8 ± 0,7		
	T1	2,1 ± 0,5	0,007	1,6 ± 0,6	0,016	<0,001
MDGI						
	T0	48,3 ± 19,1		52,4 ± 16,4		
	T1	50,3 ± 18,7	0,008	51,9 ± 15,5	0,428	0,010

GAC: Grupo de atención control; GEF: Grupo ejercicio físico; IMC: Índice de masa corporal; MC: Masa corporal; MDGI: ***Modified Dynamic Gait Index***; RER_{pico}: ***Peak respiratory exchange ratio***; UV1: Umbral ventilatorio 1; VO_{2pico}: Consumo de oxígeno pico.

sentó diferencias en el VO_{2pico} tanto en valores relativos ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, p <0,001, Z = -3,217), como absolutos ($L \cdot min^{-1}$, p <0,001, Z = -3,534) y en el MDGI (p = 0,01, Z = -2,346) con incrementos significativos en el GEF respecto al GAC.

Discusión

El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV en la com-

posición corporal, CCR y equilibrio. Los principales resultados de este estudio fueron:

- El GAC mantuvo los valores iniciales de la composición corporal, mientras que el GEF disminuyó el %MG y aumentó el %MLG.
- El GEF incrementó la CCR tanto en valores relativos como absolutos, mientras que el GAC la mantuvo en valores relativos, pero con descensos en valores absolutos.
- En relación con el equilibrio, no se observaron cambios en el GAC, mientras que el GEF presentó valores superiores en la prueba MDGI.

La composición corporal en relación con el %MG y el %MLG están relacionados con la AF y el estilo de vida, teniendo valores más perjudiciales las personas sedentarias o con bajos niveles de AF, puesto que dan lugar a un balance energético positivo, que conduce a un aumento de la acumulación de grasa[21]. De hecho, al igual que este estudio, mediante un programa de ejercicio físico que combina entrenamiento de fuerza y HIIT, se presentaron mejoras en los valores de %MG y %MLG[22]. La razón por la que esto ocurre es que mediante este tipo de entrenamiento existe una mejora de la capacidad muscular esquelética para la captación y oxidación de ácidos grasos, y para aumentar tanto el contenido como la utilización del glucógeno[11]. De hecho, se ha manifestado que mediante el HIIT se pierde una gran cantidad de grasa abdominal y total[23]. Además, se ha demostrado que, si a este entrenamiento le sumamos la retrocaminata, en la cual la longitud del paso es más corta, se aumenta la velocidad de paso y, a su vez, la potencia muscular y el consumo de energía[14]. Aunque, con el entrenamiento de resistencia aeróbica se obtenga un mayor gasto calórico, el entrenamiento de fuerza puede cambiar la distribución de la grasa corporal y aumentar la masa muscular mediante la activación de las fibras tipo II o de contracción rápida, lo que conduce a un mejor control metabólico[24]. De esta manera, se reducen las proteínas proinflamatorias asociadas a la inactividad física y segregadas por el tejido adiposo, llamadas citoquinas, las cuales inflaman el tejido y participan en la acumulación de grasa, pudiendo desarrollarse así diferentes enfermedades metabólicas como la aterosclerosis. Por otro lado, se aumentan las mioquinas, proteínas segregadas por el músculo, las cuales contrarrestan los efectos de las citoquinas y regulan el crecimiento muscular y el metabolismo de los lípidos[25].

En cuanto a la CCR, los resultados de esta intervención muestran que el GEF ha mejorado la CCR tanto en valores relativos ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, $p = 0{,}007$, $\Delta = 9{,}9\%$), como absolutos ($L \cdot min^{-1}$, $p = 0{,}007$, $\Delta = 10{,}5\%$), mientras el GAC la mantiene en valores relativos y la empeora en valores absolutos (Tabla 2). Las personas con HV tienden a limitar la AF y a llevar una vida sedentaria para evitar la provocación de los síntomas, lo que, al mismo tiempo, empeora la CCR, y, por tanto, incrementa la posible aparición de otras enfermedades, como las cardiovasculares[3]. Diversos estudios han demostrado que el entrenamiento HIIT se relaciona con un aumento del VO_{2pico}, debido a la biogénesis mitocondrial, y al cambio en su composición, favoreciendo así la capacidad del metabolismo aeróbico. Esto se debe al déficit de oxígeno que ocurre tras cada aceleración próxima al intervalo de recuperación; este nuevo comienzo para conseguir la alta intensidad activa el metabolismo anaeróbico produciendo una remodelación fisiológica producto del trabajo en condición de hipoxia, activando el coactivador del receptor gamma 1-alfa (PGC-1), el cual es considerado el regulador de la biogénesis mitocondrial a nivel muscular[26].

Además, el HIIT de bajo volumen incrementa la angiogénesis, la aparición de la proteína GLUT4 en el músculo esquelético y el reclutamiento de las fibras musculares de tipo I y II, y, por tanto, la absorción de glucosa, y mejora la función endotelial, la tensión arterial, la capacidad oxidativa muscular, la fracción de eyección, el volumen sistólico, la función vascular periférica y la relajación ventricular, lo que genera un aumento general de la función contráctil del miocardio[13]. Como consecuencia de estas mejoras, se fortalece el sistema cardiovascular y se estimula la circulación sanguínea, mejorando así el transporte y la utilización del oxígeno en todo el cuerpo y, por tanto, la CCR[27]. En esa misma línea, también se recomienda el HIIT a pacientes de baja capacidad física por no poder realizar sesiones de larga duración, ya que en estas no son capaces de soportar altos volúmenes de entrenamiento[28].

Para mejorar la CCR se ha demostrado que, además del entrenamiento aeróbico, el entrenamiento de fuerza es muy beneficioso. Aumentar la masa muscular también mejora la función endotelial, la capacidad vasodilatadora, la tensión arterial, la microcirculación, la eliminación del colesterol, la absorción de glucosa, la secreción de mioquinas y el bloqueo de las citoquinas, las enzimas oxidativas y el aumento de las fibras musculares de tipo II. De esta manera se consigue una mejora del flujo sanguíneo y una mayor oxigenación en todo el cuerpo, obteniendo mayores niveles de VO_{2pico}[29].

Finalmente, en esta intervención se ha buscado la mejora del equilibrio y del riesgo de caídas, ya que la alteración en la percepción de la posición o del movimiento son los principales síntomas de esta patología[6]. Por eso, en cuanto al MDGI, aunque sus valores ya se encontraban en rangos de normalidad al inicio en todas las personas participantes (Tabla 1), los resultados indican que, después de la intervención con ejercicio físico, el GEF ha mejorado significativamente los valores iniciales, mejorando así el equilibrio, mientras que no se presentaron cambios en el GAC (Tabla 2). Estudios previos integrando la retrocaminata en su intervención han observado también mejoras en el equilibrio en las personas con el sistema vestibular dañado o con pérdida de equilibrio[14]. Cuando caminamos hacia atrás, el sistema sensorial propioceptivo se activa más, debido a la inactivación del flujo de datos visuales, es decir, nos movemos sin depender de nuestra vista, desarrollando más otros sentidos como la audición, además del equilibrio. Por lo tanto, la información de la posición del cuerpo y los movimientos que el cerebro recibe desempeñan un papel importante en la mejora del equilibrio[14]. Además, la retrocaminata podría mejorar la propiocepción articular, la fuerza muscular inferior y el equilibrio[30].

En la intervención con ejercicio físico en el presente estudio se han integrado también distintos ejercicios de equilibrio, marcha y fuerza para recuperar el control postural y el equilibrio. Los ejercicios de equilibrio en personas con HV pretenden mejorar el uso de la información visual y somatosensorial como los principales sistemas para su control postural, sustituyendo la función vestibular dañada y, por tanto, aumentando el equilibrio y disminuyendo el riesgo de caída. De hecho, ejercicios como el "equilibrio a una pierna sobre bosu", en los cuales existe un balanceo el cuerpo, sirven para controlar mejor el centro de gravedad y el equilibrio[7]. La HV genera síntomas como mareo, visión borrosa, disminución de la agudeza visual dinámica y, por tanto, desequilibrio. Asimismo, esta incapacidad para caminar puede generar un empeoramiento de la funcionalidad y del equilibrio, aumentando la dependencia y el aisla-

miento. Por ende, los ejercicios de marcha son cruciales para mejorar la estabilidad de la mirada y la agudeza visual dinámica en personas con HV, desarrollando así un patrón más seguro y diferentes mecanismos que corrigen las alteraciones de la orientación espacial y el equilibrio postural dinámico[31]. Es sabido que el entrenamiento de fuerza influye positivamente en la mejora del equilibrio, ya que este, en parte, también está relacionado con el aumento de la fuerza muscular[32].

Como consecuencia, el GEF participando en un programa de ejercicio físico multicomponente en el cual se trabaja tanto la retrocaminata como diferentes ejercicios de equilibrio, marcha y fuerza ha mejorado el equilibrio, reduciendo el riesgo de caídas (Tabla 2).

Hay que mencionar también que esta intervención con personas con HV ha tenido diversas limitaciones. Entre ellas, se puede destacar el pequeño número de la muestra, ya que aún está sin finalizar el estudio. Esto influye negativamente en la recogida de datos, ya que no llega a la potencia de tamaño neutral necesaria para que los datos obtenidos sean representativos de la población. Además, la deficiente adherencia a los programas de AF por la falta de motivación y de tiempo reduce el número de sesiones completadas, afectando a los resultados del estudio. La corta duración del estudio (8 semanas) puede también olvidar los efectos a largo plazo del programa de AF, ya que muchos beneficios requieren de una mayor duración para manifestarse completamente. Por último, la dificultad para controlar variables externas, como el sueño, la dieta o la actividad termogénica no asociada al ejercicio, puede afectar también a los efectos de la intervención.

Conclusión

Un programa de ejercicio físico multicomponente en personas con HV podría ser efectivo en la mejora de la composición corporal, CCR y equilibrio, variables con tendencia a empeorar a causa de la inactividad física. Por ello, en esta población se debería recomendar y aplicar un estilo de vida saludable, basado en la práctica regular de AF para reducir los efectos de la propia enfermedad, el sedentarismo generado por los síntomas o la posible aparición de otras enfermedades.

Financiación

Fundación Vital Fundazioa (VITAL21/24, BAFV22/012).

Conflicto de interés

El autor no declara conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*. 2013;32:437–43.
2. Tapia-Egoavil R, Cabrera-Iturrizaga ML, López-Soria J. Frecuencia de atenciones por disfunción vestibular periférica en hospitales de nivel III, Perú. *Rev Medica Hered.* 2019;30:87–93.
3. Hall CD, Herdman SJ, Whitney SL, Anson ER, Carender WJ, Hoppes CW, *et al*. Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: an updated clinical practice guideline from the academy of neurologic physical therapy of the American Physical Therapy Association. *J Neurol Phys Ther.* 2022;46:118–77.
4. Alòs F, Puig A. Inactividad física y sedentarismo. J Artic. 2022;18:66–75. Disponible en: https://salutpublica.gencat.cat/web/.content/minisite/aspcat/promocio_salut/suma_salut/noticies/activitat_fisica/02_Los-principales-problemas-de-salud_Febrero_22.pdf
5. Salinas Martínez F, Cocca A, Mohamed K, Viciana Ramírez J. Actividad física y sedentarismo: repercusiones sobre la salud y calidad de vida de las personas mayores. *Retos.* 2010;17:126–9.
6. Osakidetza. Tratamiento farmacológico del vértigo periférico. ¿En qué casos? *Inf Farmacoter.* 2023;31.
7. Benito Orejas JI, Aylagas Andrés MJ, Martín Moratinos C, Gallardo Chaparro I, Pérez Hickman L, Aladro Abad V, *et al*. Terapia física en la hipofunción vestibular unilateral y bilateral. *Rev ORL*. 2019;11:51.
8. Warburton DER, Bredin SSD, Charlesworth SA, Foulds HJA, McKenzie DC, Shephard RJ. Evidence-based risk recommendations for best practices in the training of qualified exercise professionals working with clinical populations. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2011;36:232–65.
9. Organizacion Mundial de la Salud. Directrices de la OMS sobre actividad física y hábitos sedentarios. *J Chem Inf Model.* 2020;1:1–17. Disponible en: https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240014886
10. Izquierdo M. Prescripción de ejercicio físico. El programa Vivifrail como modelo. *Nutr Hosp*. 2019;36:50–6.
11. D'Alleva M, Vaccari F, Graniero F, Giovanelli N, Floreani M, Fiori F, *et al.* Effects of 12-week combined training versus high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition and fat metabolism in obese male adults. *J Exerc Sci Fit.* 2023;21:193–201.
12. Ross LM, Porter RR, Durstine JL. High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *J Sport Heal Sci.* 2016;5:139–44.
13. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012;590:1077–84.
14. Korkmaz C, Toy AB. The effect of retro walking training on dynamic balance in sedentary individuals with hearing impairment. *Int J Educ Lit Stud*. 2023;11:164–9.
15. Ruiz-Rios M, Lekue A, Pinedo-López J, Tous-Espelosin M, Arratibel-Imaz I, García-Tabar I, *et al.* Supervised multi-component exercise as an adjuvant program for people with unilateral and/or bilateral chronic vestibular hypofunction: EXERVEST study protocol. *Contemp Clin Trials Commun.* 2023;36:1–8.
16. Matsuda PN, Taylor CS, Shumway-cook A. Evidence for the validity of the Modified Dynamic Gait Index across diagnostic groups. *Phys Ther.* 2014;94:996–1004.
17. Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, McBride PE, Moholdt T, Stone JA, *et al*. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: A joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Eur J Prev Cardiol.* 2013;20:442–67.
18. Bautista M, Guadarrama R, Veytia-López M. Prevalencia de obesidad según los indicadores: porcentaje de grasa corporal, índice de masa corporal y circunferencia de cintura. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2020;40:18–25.
19. Kaminsky LA, Imboden MT, Arena R, Myers J. Reference standards for cardiorespiratory fitness measured with cardiopulmonary exercise testing using cycle ergometry: data from the fitness registry and the importance of exercise National Database (FRIEND) Registry. *Mayo Clin Proc*. 2017;92:228–33.
20. Torchio A, Corrini C, Anastasi D, Parelli R, Meotti M, Spedicato A, *et al.* Identification of Modified Dynamic Gait Index cutoff scores for assessing fall risk in people with Parkinson disease, stroke and multiple sclerosis. *Gait Posture.* 2022;91:1–6.
21. Phillips CM. Metabolically healthy obesity across the life course: epidemiology, determinants, and implications. *Ann N Y Acad Sci.* 2017;1391:85–100.
22. Garcia-Pinillos F, Laredo-Aguilera JA, Munoz-Jime Nez M, Latorre-Roman PA. Effects of 12-week concurrent high-intensity interval strength and endurance training program on physical performance in healthy older people. *J Strength Cond Res.* 2019;33:1445–52.
23. Cress M, Porcari J, Foster C. Interval Training. *ACSM's Heal Fit J.* 2015;19:3–6.
24. Strasser B, Arvandi M, Siebert U. Resistance training, visceral obesity and inflammatory response: a review of the evidence. *Obes Rev.* 2012;13:578–91.
25. Huh JY. The role of exercise-induced myokines in regulating metabolism. *Arch Pharm Res.* 2018;41:14–29.
26. MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol.* 2017;595:2915–30.
27. Pelliccia A, Sharma S, Bäck M, Gati S, Börjesson M, Caselli S, *et al.* Guía ESC 2020 sobre cardiología del deporte y el ejercicio en pacientes con enfermedad cardiovascular. *Rev Esp Cardiol.* 2021;74:488–93.
28. Achttien RJ, Staal JB, van der Voort S, Kemps HMC, Koers H, Jongert MWA, *et al.* Exercise-based cardiac rehabilitation in patients with coronary heart disease: a practice guideline. *Netherlands Hear J.* 2013;21:429–38.

29. Paluch AE, Boyer WR, Franklin BA, Laddu D, Lobelo F, Lee DC, *et al.* Resistance exercise training in individuals with and without cardiovascular disease: 2023 update. A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2024;149:E217–31.
30. Alghadir AH, Anwer S, Sarkar B, Paul AK, Anwar D. Effect of 6-week retro or forward walking program on pain, functional disability, quadriceps muscle strength, and performance in individuals with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial (retro-walking trial). *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20:4–13.
31. Herdman SJ, Hall CD, Schubert MC, Das VE, Tusa RJ. Recovery of dynamic visual acuity in bilateral vestibular hypofunction. *Arch Otolaryngol - Head Neck Surg*. 2007;133:383–9.
32. Palheta de Lima K, Nascimento da Silva C, Ferreira de Seixas N, de Santana Maneschy M, Nascimento Lima B, Vilela Junior G, *et al.* Efecto del entrenamiento resistido sobre el equilibrio y control postural en personas con párkinson: una revisión sistemática. *Rev Cient Soc Esp Enferm Neurol.* 2022;56:18–28.

Classification system for ineligible impairments in Paracanoe

Ana Larma, Selma Palacín, Ismael Uali, David Rivera, Higinio Rivero

Real Federación Española de Piragüismo.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00193

Recibido: 30/10/2024
Aceptado: 14/01/2025

Summary

Introduction: The International Paralympic Committee (IPC) has stressed the importance of sport-specific classification systems to manage the impact of impairment on competition outcomes.
In Paracanoe (canoeing) there are three deficiencies that are considered eligible for the International Canoe Federation (ICF) and that determine six sport classes, three in Kayak "KL1-KL2-KL3" and three in Va'a "VL1-VL2-VL3".
Material and method: Based on the technical model of paleo in conventional athletes, muscle balances are performed in all ranges of motion, goniometry and specific balance tests in the lower and upper limbs and trunk for paracanoe practitioners (paracanoes) who present ICF ineligible deficiencies. Muscle strength is scored from 0 to 2, as determined by the ICF classification model, and the points are grouped into a cluster.
The ICF (Special) ineligible impairment classification system groups into eight sporting classes according to the score obtained called "KS1-KS2-KS3-KS4-VS1-VS2-VS3-VS4".
Results: Data were collected from 346 athletes: 107 had impairments eligible for the ICF and 239 had impairments not eligible in the international system. By means of a specific assessment of muscle strength in athletes with ineligible impairments, these athletes were grouped into eight competition classes.
Conclusions: Evaluating non-eligible deficiencies with a specific classification system allows for the separation of Special sports classes, taking into account the functional impact that each of them has on paracanoeing.
Discussion: By carrying out specific tests on Paracanoe athletes with ineligible disabilities, data can be collected on the impact that each impairment has on this sport.

Key words:
Paralympic classification. Eligible impairment. Sport classes.

Sistema de clasificación en deficiencias no elegibles en paracanoe

Resumen

Introducción: El Comité Paralímpico Internacional (IPC) ha resaltado la importancia de los sistemas de clasificación específicos para cada deporte, para controlar el impacto de la deficiencia en el resultado de la competición.
En paracanoe (piragüismo) hay tres deficiencias que se consideran elegibles para la *International Canoe Federation* (ICF) y que determinan seis clases deportivas, tres en Kayak "KL1-KL2-KL3" y tres en Va'a "VL1-VL2-VL3".
Material y método: A partir del modelo técnico de paleo en deportistas convencionales, se realizan balances musculares en todos los rangos de movimiento, goniometrías y pruebas específicas de equilibrio en miembro inferior, superior y tronco a los practicantes de paracanoe (paracanoes) que presentan deficiencias no elegibles ICF. Se puntúa la fuerza muscular de 0 a 2, como viene determinado en el modelo de clasificación ICF, y se agrupan los puntos en un clúster.
El sistema de clasificación para las deficiencias no elegible ICF (*Special*) agrupa en ocho clases deportivas según la puntuación obtenida denominadas "KS1-KS2-KS3-KS4-VS1-VS2-VS3-VS4" .
Resultados: Se han recogido datos de 346 deportistas: 107 presentaban deficiencias elegibles para la ICF y 239 deficiencias no elegibles en el sistema internacional. Mediante la valoración específica de la fuerza muscular en los deportistas con deficiencias no elegibles, se ha agrupado a estos deportistas en ocho clases de competición.
Conclusiones: Evaluar con un sistema específico de clasificación a las deficiencias no elegibles permite separar las clases deportivas *Special*, teniendo en cuenta la afectación funcional que tiene cada una de ellas en el paracanoe.
Discusión: Mediante la realización de pruebas específicas en deportistas paracanoe con deficiencias no elegibles se pueden recoger datos del impacto que tiene cada afectación en este deporte.

Palabras clave:
Clasificación paralímpica. Deficiencia elegible. Clases deportivas.

Correspondence: Ana Larma
E-mail: analarma@gmail.com

Introduction

The International Paralympic Committee has defined sports classification as "the process of grouping athletes into sports classes, according to the degree to which the disability affects them in carrying out the specific activities to each sport or discipline"[1].

Each sport has its own classification system, which also determines the type of disability eligible for each sport[2].

Spanish sports federations must include in their classification systems the eligible impairments that are included in the corresponding international federation. In addition, they may include other eligible impairments that are included in the Paralympic classification code, in order to promote the participation of people with disabilities, as well as the development of the sporting modality or discipline[3].

The eligible impairments for Paralympic sports according to the international standard[4] are as follows:

- *Deficiency in muscle power:* Athletes who have a deficiency in muscle power have a health condition that reduces or eliminates their ability to voluntarily contract their muscles in order to move or generate force.
  Examples of conditions that may result in impaired muscle power include: spinal cord injury (complete or incomplete, tetraplegia or paraplegia), muscular dystrophy, post-polio syndrome, and spina bifida.
- *Passive range of motion impairment:* Athletes with range of motion impairments have a condition that reduces or eliminates motion in one or more joints. Conditions that may lead to passive range of motion impairment include arthrogryposis and contracture resulting from chronic joint immobilization or trauma to a joint.
- *Limb deficiency:* Athletes with limb deficiency have a complete or partial absence of bones or joints as a result of trauma (traumatic amputation), disease (bone cancer), or congenital limb deficiency (dysmelia).
- *Leg length discrepancy:* Athletes who have a leg length discrepancy as a result of limb growth disturbance or as a result of trauma.
- *Short stature:* Athletes with short stature have a reduction in the length of the bones of the upper and lower limbs and/or trunk. Examples of health conditions that can lead to short stature include: achondroplasia, growth hormone dysfunction, and osteogenesis imperfecta.
- *Hypertonia:* Athletes with hypertonia have increased muscle tension and reduced ability to stretch muscles caused by damage to the central nervous system. Examples of health conditions that can lead to hypertonia include: cerebral palsy, traumatic brain injury, and stroke.
- *Ataxia:* Athletes with ataxia have uncoordinated movements caused by damage to the central nervous system. Examples of medical conditions that can lead to ataxia include cerebral palsy, traumatic brain injury, stroke, and multiple sclerosis.
- *Athetosis:* Athletes with athetosis continually have slow, involuntary movements. Examples of medical conditions that can lead to athetosis include cerebral palsy, traumatic brain injury, and stroke.
- *Visual impairment:* Athletes with visual impairment have reduced or no vision as a result of injury to the eye structure, optic nerves or pathways, or the visual cortex of the brain. Examples of medical conditions that can lead to visual impairment include retinitis pigmentosa and diabetic retinopathy.
- *Intellectual Disability:* Athletes with intellectual disability have a limitation in intellectual functioning and adaptive behavior, as expressed in conceptual, social, and practical adaptive skills. This disability must be present before the age of 18.

The classification system developed by the International Canoe Federation (ICF) has included in its classification manual three eligible impairments[5] to compete in paracanoe:

- Deficiency of muscle power in the lower limbs and trunk.
- Lower limb deficiency.
- Deficiency of passive range of motion in lower limbs.

The rest of the eligible impairments are considered ineligible to compete in paracanoe, including those with upper limb disorders, ataxia, hypertonia, visual deficiency, among others, who are eligible for other Paralympic sports such as, for example, adapted rowing.

The inclusion of all eligible deficiencies Paralympic Committe in one classification system aims to:

- To include upper limbs in the paracanoe classification system. They are currently excluded as an eligible deficiency, which only includes the absence of lower limbs.
- To promote the paracanoe modality for all eligible deficiencies and for all people with some type of disability.
- To collect muscle balance and goniometry data on the classification tables for all eligible impairments.
- To group into the same competition class athletes who have different EI but have the same score.

The Spanish Paralympic classification code specifies that different impairments can be grouped into the same sports classes, provided they have the same affectation[6].

In the international classification regulations, it is determined that Paralympic sports are reserved for athletes with eligible disabilities[7] (Table 1).

Material and method

The Spanish Paralympic Committee has defined the classification table as the evaluation that must be carried out jointly by the functional classifiers (doctor/physiotherapist) and the technical classifiers.

An athlete's classification table must follow four steps:

- Check if there is an eligible disability that impacts the sport.
- Evaluate whether that deficiency meets a minimum criterion to be considered eligible.
- Grant the sports class according to the limitation in the athlete's activity.
- Determine whether the classification status should be reviewed or can be considered permanent.

346 classification tables were carried out on Paracanoe athletes. Of these, 107 had eligible impairments and were classified according to the international classification model established by the ICF. 239 had impairments that were not eligible to be classified using the ICF model, and were tested to determine their functionality and whether the impairment they presented had an impact on Paracanoe.

The classification procedure for ineligible deficiencies in Paracanoe includes specific examinations for the lower and upper limbs, trunk, balance tests and evaluation of the paddling technique in water during the National Classification Tables.

In Paracanoe there are two different sports depending on the type of boat used, as well as the paddling technique used in each one. They are called Kayak and Va'a (Figure 1).

The sporting class for athletes with ineligible disabilities will be called Special in this classification system, for kayak Special (KS) (Figure 2) and Va'a Special (VS).

Figure 1. Kayak and Va´a Model.

Figure 2. Ergometer measurement protocol

Special kayak classification methodology

- The biomechanical posture of the athletes on a kayak ergometer is taken as a reference. Goniometries are taken in the effective ranges of mobility in canoeing in the lower and upper limbs and trunk. The impairments that will be considered are those listed by the WHO in its international classification manual[9].
- Muscle balances are performed on all muscle groups involved in the paddling technique in lower and upper limbs and trunk and are scored from 0-2 following a model similar to that used in the international classification system. Muscle incoordination is added as an element that reduces the paddler's functional capacity.
  - 0: complete absence of movement or minimal contraction of the muscle, but no movement in the muscle itself.
  - 1: minimal contraction that cannot be performed against resistance and cannot be performed with the force of gravity as resistance. Uncoordinated muscle movements due to the impact of pathology such as ataxia or cerebral palsy.
  - 2: full contractions with moderate or maximum resistance.
- Specific coordination and balance tests are performed on trunk, lower and upper limbs. These tests are used to detect severe balance and coordination disorders that may occur in athletes with eligible deficiencies such as ataxia or athetosis.
- The following tests are performed in water:
  - Test 1: from buoy 1 the athlete makes a maximum start and rows at maximum speed to buoy 2.
  - Test 2: from buoy 2 the athlete makes a maximum start and rows at maximum speed to buoy 1.
  - Test 3: from the left side of the dock, the athlete makes a maximum start and rows at maximum speed to buoy 3.
  - Test 4: from the right side of the dock the athlete makes a maximum start and rows at maximum speed to buoy 4.
  - Test 5: from the end of the dock the athlete makes a maximum start and rows at maximum speed to buoy 5.

Table 1. Eligible impairments in Paralympic sports

	Physical disability 1. Hypertonia 2. Athetosis 3. Ataxia 4. Impaired Muscle Power 5. Impaired Passive Range of Movement 6. Limb Deficiency 7. Leg Length Difference 8. Short Stature								9 Intellectual Impairment	10 Visual Impairment
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Athletics	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Badminton	I	I	I	I	I	I	I	I		
WC Basketball	I	I	I	I	I	I	I			
Boccia	I	I	I	I	I	I				
Cycling	I	I	I	I	I	I	I			I
WC Fencing	I	I	I	I	I	I	I			
5-a-side football										I
Goalball										I
Equestrian	I	I	I	I	I	I	I	I	N	I
Judo										I
Swimming	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Canoeing	N	N	N	I	I	I	N	N	N	N
Powerlifting	I	I	I	I	I	I	I	I		
Rowing	I	I	I	I	I	I				I
WC Rugby	I	I	I	I	I	I				
Taekwondo	I	I	I	I	I	I	N	N	N	N
Table tennis	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
WC Tennis	I	I	I	I	I	I	I	I		
Shooting	I	I	I	I	I	I				N
Archery	I	I	I	I	I	I	I		N	N
Triathlon	I	I	I	I	I	I	I	N	N	I
Volleyball	I	I	I	I	I	I	I			
WC Curling	I	I	I	I	I	I				
Alpine skiing	I	I	I	I	I	I	I			I
Nordic skiing	I	I	I	I	I	I	I			I
Biathlon	I	I	I	I	I	I	I			I
Ice hockey	I	I	I	I	I	I	I			
Snowboarding	I	I	I	I	I	I	I			

- I Internationally eligible impairments
- N Additional nationally eligible impairments

- Test 6: from buoy 5 the athlete makes a maximum start and rows at maximum speed to the dock.

– The scores obtained in all the muscle balances are grouped into clusters.

– A classification itinerary is established by adding the clusters in all the tests carried out, so that in the same competitive class all athletes have the same score, regardless of the eligible deficiency they present (Table 2).

Special Va'a classification methodology

– The biomechanical posture of athletes on the Va'a ergometer is taken as a reference. Goniometries are taken in the effective ranges of mobility in canoeing in the lower and upper limbs and trunk.

– Muscle balances are performed on all muscle groups involved in the paddling technique in lower and upper limbs and trunk and are scored from 0-2 following a model similar to that used in the international classification system. Muscle incoordination is added as an element that reduces the paddler's functional capacity.

- 0: complete absence of movement or minimal contraction of the muscle, but no movement in the muscle itself.
- 1: minimal contraction that cannot be performed against resistance and cannot be performed with the force of gravity as resistance. Uncoordinated muscle movements due to the impact of a pathology such as ataxia or cerebral palsy.

Table 2. Itinerary classification K Special.

	Clúster	Clúster	Clúster	Clúster	Clúster
Upper limbs	1	1/2	2		3
Upper limb balance	1	1/2	2		3
Lower limb	1/2	1/2	KI	2/3	3
Lower limb balance	1/2	1/2	KI	2/3	3
Trunk	1/2	1/2	KI	2/3	3
Points	6/9	10/15	10/15	16/17	18
Classification	KS.1	KS.2	KS.2	KS.3	KS.4

- 2: full contractions with moderate or maximum resistance.

– Specific coordination and balance tests are performed on trunk, lower and upper limbs. These tests are used to detect severe balance and coordination disorders that may occur in athletes with eligible deficiencies such as ataxia or athetosis.
– Maneuvers are carried out with the boat to determine whether the damage has an impact on the sport in a specific way.
– The scores obtained in all muscle balances are grouped into clusters. In the Va'a Special classification, a system of point correction is established to equalize the affectation of the lower and upper limbs, trunk, balance and water, just as it is done in the classification model of the international ICF system, and the Va'a Special classification itinerary is established (Table 3).

Results

There are currently 346 athletes in Spain who have completed the classification table; of these, 107 had eligible deficiencies for the ICF (KL) and 239 had not eligible deficiencies for the ICF (Special) (Table 4).

Athletes with eligible disabilities (KL) are grouped into six competition classes: three in kayak KL1, KL2, KL3 and three in Va'a VL1, VL2 and VL3.

– KL1-VL1: athletes without or with very limited function in trunk. No function in lower limbs
– KL2-VL2: athletes with limited function in lower limbs, with involvement of trunk. They may require high-back seats.
– KL3-VL3: athletes with full trunk function and partial leg function.

The ICF international classification model groups the KIs into clusters and the VLs are grouped into clusters by weighing the tests with a factor, so that all the evaluations have the same impact on the classification[10]. The Special classification system has followed the same classification mode for Ks and Vs. Therefore, the eight classification classes have been grouped with the following model:

– KS1: athletes with functional impairment whose pathology directly affects the execution of the technical gesture, including the upper limb, balance impairment, and who have a score of 6-9 in the cluster.
– VS1: athletes with severe upper limb involvement and/or trunk involvement, and/or lower limb involvement. With less than 175 points out of a maximum of 264.
– KS2: athletes with functional impairment in upper limbs, upper limb balance, loss of points in specific water tests and whose pathology directly affects the execution of the technical gesture. With a score of 10-15 in the cluster.
– VS2: athletes with moderate involvement of the upper limbs and who also have some involvement of the lower limbs and/or trunk. Moderate/evident involvement of the upper limbs. With a score of 176-219 points out of a maximum of 264.

Table 3. Eligibility criteria and Va'a Special itinerary.

	Eligibility criteria Va ´a Special	
Process and function evaluation	• Batteries of tests are carried out for the upper limb, trunk, balance, lower limb and water. • The maximum score that can be obtained in a test is 44, which corresponds to the maximum number of points that can be achieved in the MMSS tests. • The impact of MMSS is prioritized in the classification. • A table is established with the maximum score in all functional tests and the correction factor.	
Maximum points and factor applied in functional tests	• Upper extremity 44 maximum points in functional tests. Factor 1. • Balance in upper limbs 2 maximum points in functional tests. Factor 22. • Lower extremity 28 maximum points in functional tests. Factor 1.57. • Balance in lower limbs 2 maximum points in functional tests. Factor 22. • Trunk: 12 maximum points in functional tests. Factor 3.47. • Specific test in water maximum 8 points. Factor 5.5.	
Sports class	**Itinerary according to the affected function**	**Punctuation**
VS-1	• Severe involvement of upper limbs. • Affectation of the trunk or lower limbs with a diagnosis of any deficiency not eligible for ICF.	Less than 175
VS-2	• Moderate involvement in upper limbs. • Moderate involvement of the trunk or lower limbs with a diagnosis of any deficiency not eligible for ICF.	176/219
VS-3	• Paddlers with little involvement in the upper limbs. • It only affects a functional test.	220/263
VS-4	• There is no affectation in muscle or joint balance. • They present impairment of any other nature accredited by a 33% disability certificate.	264

Table 4. Percentage of sportsmen and sportswomen classified under the Special system.

CLASSES ICF	KL1	KL2	KL3	VL1	VL2	VL3	TOTAL		
Man	11	16	27	5	8	9	76		
Woman	2	4	15	0	3	7	31		
	13	20	42	5	11	16	107		
%	3,75%	5,78%	12,13%	1,44%	3,17%	4,62%	30,92%		
CLASSES RFEP	**KS1**	**KS2**	**KS3**	**VS1**	**VS2**	**VS3**	**KS4**	**VS4**	
Man	2	9	29	0	3	51	65	22	181
Woman	2	4	7	2	1	12	21	9	58
	4	13	36	2	4	63	86	31	239
%	1,15%	3,75%	10,40%	0,58%	1,15%	18,20%	24,85%	8,95%	69,07%

- KS3: athletes with minimal functional impairment in lower limbs, balance or trunk (cluster 16/17) or no impairment (cluster 18).
- VS3: athletes with little or very little involvement of upper limbs and with no or very little involvement of trunk and lower limbs. With a score of 220-263 points out of a maximum of 264.
- KS4: athletes without functional impairment, but with organic impairment, intellectual, developmental or other nature that affects the ability to perform the activity. 264 points.
- VS4: athletes without functional impairment, but with organic impairment, intellectual, developmental or other nature that affects the ability to perform the activity. 264 points.

Discussion

Sports Law 39-2022 determines that all people with disabilities must be integrated into the National Federations[11] when they are recognized in their corresponding International Federation[12].

Within the International Canoe Federation, the following are considered eligible impairments: lack of muscle power, limited range of movement and absence of lower limbs. Following the guidelines set out by the Sports Law, all athletes with disabilities have been integrated into the National Federations within the Open competition class, in which there is no differentiation of the impairment presented by each paddler. In Spain this category is called Special.

The purpose of this classification system is to group athletes who have ineligible deficiencies (Special) and who are not currently being classified by the international system based on the impairment in function.

Furthermore, the lack of prior studies on athletes with non-eligible deficiencies (Special), such as upper limb impairment, makes difficult to include them in future international competition classes.

As a result of the classification tables, in which functional tests have been carried out on all athletes, including muscle balances, goniometry, specific balance tests and assessment in water, it has been found that Special athletes present functional impairment in the execution of the technical gesture of canoeing, impairment in balance tests, coordination or other types that after carrying out the classification tables with the Special system can be grouped into sports classes.

Conclusions

The development of a classification system for Paracanoe athletes with ineligible impairments by the International Canoe Federation (ICF) allows for a wider inclusion of athletes in this discipline. The specific classification, through assessments of balance, muscle strength and coordination, organizes athletes into categories that accurately show the functional impact of their impairments, establishing a fair model that prioritizes sporting excellence over physical condition.

Therefore, after reviewing and discussing the results obtained, we can conclude that performing functional tests on all the eligible deficiencies by the International Paralympic Committee allows us to collect data based on evidences as required by the development of classification systems by the International Paralympic Committee[13] such as, for example, ranges of mobility and muscle balances, and grouping athletes into sports classes based on the score obtained in the functional tests performed.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest.

Bibliography

1. Código Español de Clasificación en el deporte Paralímpico. Abril 2020 (Accessed 02/09/2024). p.6. Available at: https://www.paralimpicos.es/sites.
2. Código Español de Clasificación en el deporte Paralímpico. Abril 2020. (Accessed 02/09/2024).p.9. Available at: https://www.paralimpicos.es/sites.
3. Código Español de Clasificación en el deporte Paralímpico. Abril 2020. (Accessed 02/09/2024).p.5 . Available at: https://www.paralimpicos.es/sites.
4. Estándar Internacional para las deficiencias elegibles. Comité Paralímpico Español. Sep. 2006. p1-11. (Accessed 27/09/2024) Available at: https://www.paralimpicos.es/archived/publicacion/ficheros/2016.
5. Guía sobre la Clasificación en el deporte Paralímpico. Version 08/2021. (Accessed 28/5/2024) p. 98. Available at: https://www.paralimpicos.es/sites/
6. Código Español de Clasificación en el deporte Paralímpico. Abril 2020 (Accessed 10/09/2024). p.5. Available at: https://www.paralimpicos.es/sites.
7. IPC Classification Model Rules for Para Sport. (Accessed 20/10/2024) Available at: https://www.paralympic.org/classification/2015-athlete-classification-code.
8. Guía sobre la Clasificación en el deporte Paralímpico. Version 08/2021. (Accessed 18/5/2024) p. 8. Available at: https://www.paralimpicos.es/sites/

9. International Classification of impairments, disabilities and handicaps. OMS 1980. (Accessed october 2024) Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/41003/1/9241541261_eng.pdf.
10. Rosén J, Tarassova O, Bejerkefors A, Edwards J, Fernandes F, Gray J, *et al.* Propuesta para la clasificación Paralímpica para Va'a. Información para las Federaciones y comités Paralímpicos internacionales.
11. Ley 39/2022, 30 de diciembre, del deporte. Accessed octubre 2024. Available at: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-24430
12. Reina R, Vilanova-PérizN. Bases de una estrategia nacional de clasificación en el deporte paralímpico en España. *Revista española de Discapacidad.* 2017;5:195-216.
13. Tweedy SM, Vanlandewijck YC. International Paralympic Committee position stand-background and scientific principles of classification in Paralympic sport. *Br J SportsMed.* 2011;45:259-69.

Corazón en riesgo: esteroides anabólicos y la búsqueda de la perfección corporal

Claudia-Yaneth Rodríguez-Triviño[1], Sammy Felipe Castellanos Rojas[2], Carlos Andrés Gómez Coronado[2], Sergio Andrés Cristancho Losada[2], Eduardo Henrique Mercado Pernett[3]

[1]Facultad de Salud, Universidad del Valle (Santiago de Cali, Valle del Cauca; Colombia). [2]Departamento de Fisiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Fundación Universitaria Navarra - UNINAVARRA SNIES 9907 (Neiva, Huila, Colombia). [3]Servicio de Electrofisiología Cardiovascular, Clínica Medilaser (Neiva, Huila, Colombia).

doi: 10.18176/archmeddeporte.00194

Recibido: 09/04/2024
Aceptado: 16/01/2025

Resumen

Introducción: Los esteroides androgénicos anabólicos (EAA) potencian el desarrollo muscular y han estado asociados a cambios cardiovasculares deletéreos para el corazón y los vasos.
Objetivos: Identificar cambios electrocardiográficos en personas consumidoras de anabólicos esteroides relacionadas con la mejoría de la imagen corporal.
Material y método: Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal en personas consumidoras de EAA relacionada con la mejoría de la imagen corporal y el entrenamiento aficionado en gimnasios. Se analizaron los cambios electrocardiográficos según los criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma para deportistas aficionados. Los electrocardiogramas fueron analizados por dos expertos de forma independiente, además se incluyeron datos como el tiempo de consumo, edad y sexo.
Resultados: Se tomó un electrocardiograma de 12 derivaciones a 23 participantes, el 95,4% fueron hombres y el 4,6% mujeres, dichos sujetos fueron reclutados en bola de nieve. Se encontraron cambios relacionados con el ejercicio físico que se han descrito como esperados en los criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma para deportistas aficionados, así como hallazgos considerados limítrofes; Sin embargo; en 7 personas se encontraron cambios anormales entre los cuales se destaca inversión de la onda T anterior (4,35%), bloqueo completo de rama izquierda (4,35%), prolongación del intervalo QT (4,35%), bloqueo del fascículo posterior izquierdo (4,35%) y trastorno no especifico de la repolarización pared inferior con la hipertrofia cardiaca izquierda (4,35%).
Conclusiones: Se identificaron varias anormalidades electrocardiográficas que podrían generar complicaciones graves y más del 50% presento cambios limítrofes concomitantes al uso de anabólicos; no obstante, se requieren estudios de seguimiento y asociación para analizar su impacto en el sistema cardiovascular. Es importante desarrollar políticas públicas relacionadas con un mayor control estatal de estas sustancias y la promoción de la supervisión por profesionales de la salud.

Palabras clave:
Anabolizantes. Electrocardiografía. Bloqueo de rama. Cardiomegalia.

Heart at risk: steroids and the pursuit of body perfection

Summary

Introduction: Anabolic androgenic steroids (AAS) have been known to enhance muscle development, yet they have also been associated with detrimental cardiovascular changes in both the heart and blood vessels.
Objectives: This study aimed to identify electrocardiographic changes in individuals consuming anabolic steroids in relation to body image enhancement.
Material and method: We conducted a descriptive cross-sectional study among individuals using AAS for body image improvement and engaging in amateur gym training. Electrocardiographic changes were assessed according to international criteria for electrocardiogram interpretation in amateur athletes. Two experts independently analyzed the electrocardiograms, along with collecting data such as duration of consumption, age, and gender.
Results: Twelve-lead electrocardiograms were obtained from 23 participants, with 95.4% being male and 4.6% female, recruited through snowball sampling. Exercise-related changes, deemed expected per international criteria for electrocardiogram interpretation in amateur athletes, were observed, alongside findings considered borderline. However, abnormal changes were identified in 7 individuals, including anterior T-wave inversion (4.35%), complete left bundle branch block (4.35%), prolonged QT interval (4.35%), left posterior block (4.35%), and nonspecific ST-segment depression with left ventricular hypertrophy (4.35%).
Conclusions: Several electrocardiographic abnormalities were identified, which could pose serious implications, with over 50% of participants exhibiting borderline changes associated with anabolic steroid use. Further longitudinal and associative studies are warranted to comprehend their impact on the cardiovascular system. Developing public policies involving increased state control of these substances and promoting supervision by healthcare professionals is imperative.

Key words:
Anabolic agents. Electrocardiography. Bundle-branch block. Cardiomegaly.

Correspondencia: Claudia-Yaneth Rodríguez-Triviño
E-mail: claudia.yaneth.rodriguez@correounivalle.edu.co / cyrodriguezt@unal.edu.co

Introducción

Los derivados sintéticos de la testosterona, o esteroides androgénicos anabólicos (EAA), son hormonas sexuales masculinas con efectos predominantemente anabólicos (hipertrofia del músculo esquelético) en comparación con sus efectos androgénicos (desarrollo de características sexuales masculinas). Esto ha generado un consumo indiscriminado en personas que buscan modificar su imagen corporal[1,2]. Sagoe, *et al.*, reportaron una prevalencia global de consumo de EAA del 6,4% en hombres y del 1,6% en mujeres en un metaanálisis que incluyó 162 artículos, con la participación de 697.357 personas (581.595 hombres y 341.448 mujeres) provenientes de 118 países de cinco continentes: América, Europa, Oceanía, África y Asia, con una edad promedio de 20,15 años[3,4].

En Latinoamérica, la situación es similar a la global. En Brasil, la prevalencia en hombres ha sido reportada en un 8,1% y en mujeres en un 0,4%. En Argentina y Colombia, se sitúa alrededor del 6,5%, y la preocupación por la imagen corporal ha sido señalada como una de las principales causas[5,6]. El consumo de EAA ha trascendido del deporte de alto rendimiento a la práctica deportiva amateur, especialmente en adolescentes y adultos jóvenes. El inicio del consumo se da entre los 22 y 24 años, y al menos entre el 2,7% y el 2,9% de los adultos jóvenes han utilizado EAA al menos una vez en la vida[7].

Adicionalmente, el trastorno dismórfico muscular, conocido como vigorexia, también puede conducir al uso o abuso indiscriminado de EAA en un intento por alcanzar el cuerpo deseado. En el mercado existen múltiples presentaciones comerciales de estas sustancias que, junto a diferentes patrones de consumo y duración, representan riesgos significativos para la salud. Sin embargo, la sobredosificación parece ser el mayor problema, estimándose que el consumo oscila entre 10 y 100 veces la dosis terapéutica recomendada, la cual varía entre 250 y 3.200 mg por semana[1,2].

La práctica deportiva, ya sea profesional o amateur, induce cambios en la electrofisiología cardíaca. Entre los cambios reportados se incluyen bradicardia sinusal, alteraciones en la conducción (como bloqueo A-V de primer grado y bloqueo A-V de segundo grado tipo Mobitz I), incremento del voltaje del complejo QRS, desviación a la derecha del eje eléctrico del QRS, melladura en el QRS y prolongación del intervalo QT corregido (QTc) hasta valores en el límite superior. No obstante, pueden presentarse mayores alteraciones asociadas a la suplementación exógena de EAA[8].

Los cambios electrocardiográficos asociados al consumo de EAA son diversos y varían en gravedad. Pueden incluir arritmias ventriculares, infarto agudo de miocardio e incluso muerte súbita. Es posible observar prolongación del intervalo QTc, mayor dispersión del QT, incremento de la frecuencia cardíaca post esfuerzo físico en comparación con personas no consumidoras, prolongación del intervalo JT, ritmo sinusal con patrón QI-SIII, inversiones de la onda T e hipertrofia ventricular izquierda[9]. Estas alteraciones están relacionadas con la desregulación autonómica cardíaca y se han asociado al consumo de dosis superiores a las terapéuticas durante más de dos años y en múltiples ciclos[9-13].

El uso indiscriminado de estas sustancias se considera un problema de salud pública, dado que existe consenso científico sobre los efectos colaterales negativos que comprometen la salud. Recientemente, se ha prestado especial atención a su papel en el desarrollo de anomalías cardiovasculares, psicológicas y endocrinas, entre otras. Sin embargo, las regulaciones en diferentes países permanecen desatendidas[14]. El objetivo de este estudio fue identificar cambios electrocardiográficos en personas consumidoras de anabólicos esteroides, relacionados con la mejora de la imagen corporal, según criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma en deportistas aficionados[14].

Material y método

Este es un estudio de corte transversal. Los participantes fueron personas que asisten a centros de *fitness* y gimnasios en Colombia. El muestreo fue no probabilístico, utilizando la técnica de bola de nieve, en la cual cada participante identificado refería al siguiente. Se logró reclutar a 26 personas, de las cuales 24 cumplieron con los criterios de inclusión (personas mayores de 18 años, con consumo de cualquier derivado de EAA, oral o inyectado, durante un periodo mayor a dos años y en dosis superiores a 100 mg, que además firmaron el consentimiento informado). De estas, 23 firmaron efectivamente el consentimiento informado. Se excluyeron mujeres en estado de embarazo, personas con enfermedades cardiovasculares diagnosticadas o con antecedentes graves. Este estudio fue avalado por el comité de ética institucional, y los hallazgos encontrados en los participantes fueron oportunamente comunicados y los afectados referidos para recibir atención médica.

A cada participante se le realizó un electrocardiograma de 12 derivaciones (ECG). Para ello, se les pidió no consumir bebidas estimulantes el día del examen (como bebidas con cafeína o tabaco) ni realizar ejercicio físico previo. El examen se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología, en un ambiente con una temperatura de 24 grados centígrados y una humedad relativa del 40-50%. El procedimiento fue realizado por un profesional de enfermería. El análisis de cada ECG se llevó a cabo de manera independiente, primero por un fisioterapeuta y luego por un cardiólogo con subespecialidad en electrofisiología cardíaca, siguiendo los criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma en deportistas profesionales y aficionados. Dichos criterios clasifican los hallazgos en tres categorías: cambios esperados o normales (hallazgos relacionados con el entrenamiento que son considerados fisiológicos), hallazgos limítrofes (anteriormente catalogados como anormales, pero que pueden estar presentes sin generar complicaciones) y hallazgos anormales o graves (que podrían representar un riesgo de complicaciones)[15,16].

En relación con el interrogatorio, se utilizó la versión en español validada del cuestionario de Drezner, *et al.*[17,18]. Para proteger la confidencialidad de los participantes y respetar su privacidad, se les permitió responder únicamente las preguntas que consideraran apropiadas o pertinentes.

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete Stata®. Las variables nominales se expresaron en frecuencias y proporciones, mientras que las variables continuas se analizaron mediante medidas de tendencia central y dispersión. Se realizaron pruebas de hipótesis para evaluar diferencias de medias y proporciones según correspondiera (Kruskal-Wallis y test de Fisher).

Resultados

Para la realización de este estudio se tomaron electrocardiogramas (ECG) de 12 derivaciones a 23 personas que previamente habían firmado el consentimiento informado y consumían EAA. Los participantes asistían a centros fitness de manera regular, al menos cinco veces por semana. De las personas analizadas, 22 fueron hombres (95,6%) y una mujer (4,4%), con una media de edad de 31,6 años. El EAA más utilizado fue el decanoato de testosterona (26,08%). La vía de administración predominante fue la intramuscular, empleada por 22 participantes (95,6%), y el promedio de uso de esta sustancia fue de 2,8 años, con al menos dos ciclos por año. La mayoría de los participantes realizaba entrenamiento de fuerza (52,17%), con un promedio de 171,2 minutos de entrenamiento semanal (Tabla 1).

En la Tabla 2 se presentan las características electrocardiográficas y cardiovasculares generales. La frecuencia cardíaca promedio fue de 68,3 latidos por minuto, un valor por debajo de la media de la población general reportada en la literatura, con una diferencia estadísticamente significativa (p <0,001). La presión arterial sistólica promedio fue de 130,2 mmHg, un valor superior al esperado para la edad, mientras que la presión diastólica promedio fue de 80,3 mmHg. Ambas diferencias resultaron estadísticamente significativas (p <0,001).

Tabla 1. Características sociodemográficas de las personas consumidoras de anabólicos esteroides (n = 23)

Variable	n = 23
Sexo (%)	
Masculino	22 (95,4%)
Femenino	1 (4,6%)
Edad en años por Sexo (d.e)	
Masculino	31,6 (11,2)
Femenino	22 (0,0)
Tipo de esteroide anabólico y dosis semanal anabólicos (%)	
Testosterona enantato 250mg	1 (4,35)
Metandrostenolona 160mg	1 (4,35)
Undicilenato de boldenona 400mg	1 (4,35)
Enantato de testosterona 300mg	1 (4,35)
Decanoato de testosterona 100mg	6 (26,08)
Propionato de testosterona 100mg	3 (17,39)
Propionato de testosterona 150mg	1 (4,35)
Testosterona cipionato 250mg	1 (4,35)
Presentación combinada *(1ml= propionato testosterona 30 mg +fenilpropionato de testosterona 60 mg + isocaproato de testosterona 60 mg + decanoato de testosterona 100 mg +excipientes c.s.p 1mg/1 ml)*	3 (13,04)
Otros anabólicos y periodos de consumo	
Estanozolol 100mg cada 3 semanas	5 (21,74)
Vía de administración (%)	
Intramuscular	22 (95,6)
Vía oral	1 (4,35)
Tiempo de consumo en años (d.e)	2,8 (1,2)
Tipo de entrenamiento (%)	
Potencia	11 (47,83)
Fuerza	12 (52,17)
Velocidad	0 (0)
Resistencia	0 (0)

d.e: desviación estándar; excipientes c.s.p: excipientes y cantidad suficiente para 1 g, 10 ml.

Tabla 2. Características electrocardiográficas y cardiovasculares generales.

Variable	Hombres = 22	Mujeres = 1
Frecuencia cardiaca l/min (d.e)	68,3 (6,8)*	52,2 (0,0)*
Presión arterial sistólica (d.e)	130, 2 (4,5)*	121 (0,0)
Presión arterial diastólica (d.e)	80,9 (1,3)	78 (0,0)
Ritmo % (n)		
Sinusal	100 (22)	100 (1)
AV	0 (0)	0 (0)
Purkinje	0 (0)	0 (0)
Eje eléctrico cardiaco % (n)		
Normal	72,7 (16)	1 (100)
Derecha	13,60 (3)	0 (0)
Izquierda	13,60 (3)	0 (0)
Indeterminado	0 (0)	0 (0)
Intervalos		
P-R (s)	0,19 (0,04)	0,20 (0,0)
Q-T (s)	0,36 (0,03	0,46 (0,0)
Voltaje QRS mv (d.e)	0,97 (0,34)	
ECGs sin cambios relevantes %(n)	36,36 (8)	100 (1)
Hallazgos esperados del ECG del deportista %(n)	18,18 (4)	0 (0)
Trastornos limítrofes del ECG del deportista %(n)	13,63 (3)	0 (0)
Trastornos graves del ECG del deportista %(n)	31,81 (7)	0 (0)

*p<0,001 *t* Student, test univarida, AV: auriculoventricular, ECG: eletrocardiograma, N/A: no aplica

En relación con los parámetros electrocardiográficos, todos los participantes presentaron ritmo sinusal. El 73,9% mostró un eje eléctrico del QRS entre 0° y 90°, mientras que el 13% presentó desviación del eje eléctrico hacia la derecha y otro 13% hacia la izquierda. Al analizar la duración, el voltaje de las ondas, los segmentos y los intervalos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con respecto a lo esperado[13]. En 18 personas se observaron cambios considerados normales en el ECG de deportistas aficionados, mientras que tres presentaron hallazgos limítrofes y siete mostraron trastornos graves en el ECG.

En la Tabla 3 se caracterizan los hallazgos normales del ECG de deportistas aficionados según el tipo de EAA consumido. La frecuencia cardíaca y el ritmo no se vieron alterados por ningún anabólico esteroideo. El eje cardíaco mostró desviación hacia la derecha en un participante (4,35%) que consumía decanoato de testosterona y en dos participantes (8,7%) que consumían estanozolol. Por otro lado, un participante (4,35%) presentó desviación hacia la izquierda y consumía decanoato de testosterona, propionato de testosterona y una combinación de esteroides. Además, se observó un caso de hipertrofia ventricular izquierda y bloqueo incompleto de rama derecha en consumidores de testosterona enantato y propionato de testosterona; sin embargo, estos hallazgos no mostraron relación estadísticamente significativa.

En la Tabla 4 se describen las características electrocardiográficas y los hallazgos limítrofes según el tipo de EAA consumido. Se identificó crecimiento auricular izquierdo en un participante que consumía decanoato de testosterona (Figura 1) y en otro que consumía propionato de testosterona (4,35%).

En la Tabla 5 se presentan las características electrocardiográficas y los hallazgos anormales según el tipo de EAA consumido. Se encontró inversión de la onda T anterior en un participante (Figura 2), bloqueo

Tabla 3. Características electrocardiográficas generales y hallazgos esperados del ECG de los sujetos según el tipo de anabólico consumido y sexo.

Medicamento	Sexo	Frecuencia cardíaca (d.e.)	Ritmo sinusal (%)	Eje eléctrico (Desplazado: n, %)	Bloqueos cardíacos (%)*	Hipertrofia ventricular izquierda (%)	Total, hallazgos
Testosterona enantato	Masculino	71 (1,2)	1 (4,35)	0 (0)	Incompleto: 0 (0)	1 (4,35)	2
Metandrostenolona	Masculino	55 (2,7)	1 (4,35)	0 (0)	Incompleto: 0 (0)	0 (0)	1
	Femenino	<50	1 (4,35)	0 (0)	N/A	N/A	1
Undicilenato de boldenona	Masculino	71 (1,9)	1 (4,35)	0 (0)	Primer grado: 1 (4,35)	0 (0)	2
Enantato de testosterona	Masculino	65 (1,2)	1 (4,35)	0 (0)	Incompleto: 1 (4,35)	0 (0)	2
Decanoato de testosterona	Masculino	69,1 (1,9)	5 (21,74)	Izquierda: 1 (4,35)	0 (0)	0 (0)	7
Testosterona cipionato	Masculino	69 (2,8)	1 (4,35)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1
Estanozolol	Masculino	70 (5,3)	5 (21,74)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5
Propionato de testosterona	Masculino	71,3 (11,3)	4 (17,39)	Izquierda: 1 (4,35)	Incompleto: 1 (4,35)	0 (0)	6
Combinación	Masculino	63 (9,1)	3 (13,04)	Izquierda: 1 (4,35)	0 (0)	0 (0)	4

Test de Fisher, +Test de Kwallis.

Tabla 4. Características electrocardiográficas y hallazgos limítrofes del ECG del deportista según el tipo de anabólico consumido.

	Testosterona enantato	Metandrostenolona	Undicilenato de boldenona	Enantato de testosterona	Decanoato de testosterona	Testosterona cipionato	Estanozolol	Propionato de testosterona	Combinación	p
Crecimiento auricular izquierdo	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	0,81

Test de Fisher

Tabla 5. Características electrocardiográficas y hallazgos anormales del electrocardiograma del deportista según el tipo de anabólico consumido (n = 23)

	Testosterona enantato	Metandrostenolona	Undicilenato de boldenona	Enantato de testosterona	Decanoato de testosterona	Testosterona cipionato	Estanozolol	Propionato de testosterona	Combinación	p
Inversión de la onda t anterior	0 (0)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0,21
Bloqueo completo de rama izquierda	0 (0)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	1 (4,35)	0,30
Intervalo QT prolongado	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	0 (0)	0,71
Bloque fascículo posterior izquierdo	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	1 (4,35)	0,94
Trastorno no especifico de la repolarización pared inferior	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (4,35)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1,01

Test de Fisher

incompleto de rama derecha en otro (Figura 3), y prolongación del intervalo QT en un consumidor de estanozolol (Figura 4). Además, se observó bloqueo de fascículo posterior izquierdo en un consumidor de decanoato de testosterona (Figura 5) y un trastorno inespecífico de la repolarización en la pared inferior (Figura 6). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las sustancias consumidas.

Discusión

En este estudio se identificaron los cambios electrocardiográficos en personas que consumen esteroides anabólicos androgénicos (EAA) con el objetivo de mejorar su imagen corporal. La creciente preocupación por el estado físico ha generado un aumento significativo en el número

Figura 1. Electrocardiograma caso 8. Ritmo sinusal, Frecuencia Cardiaca: 75 por minuto, eje eléctrico de -15°, Crecimiento auricular izquierdo. Decanoato de testosterona 100mg/semana intramuscular, 160 minutos de entrenamiento de fuerza.

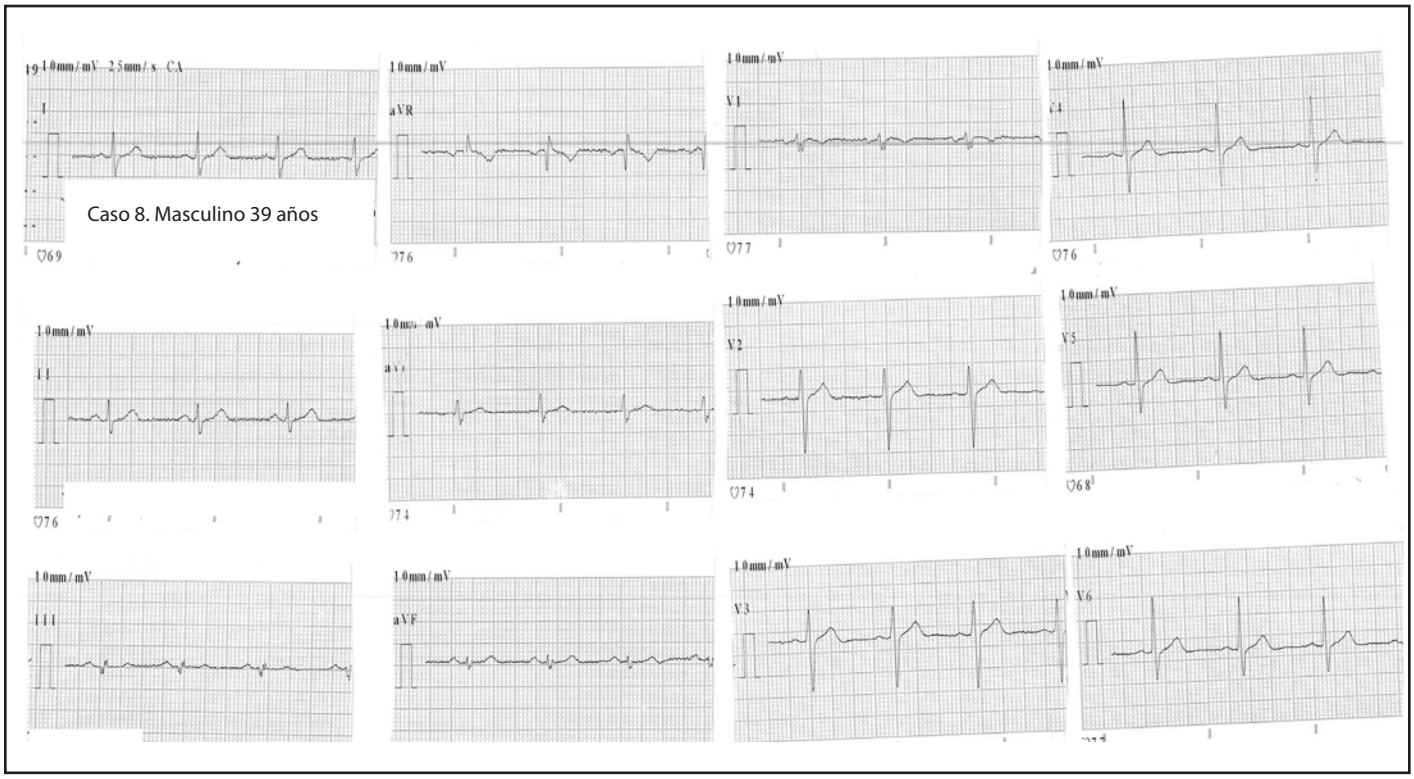


Figura 2. Electrocardiograma caso 3. Ritmo sinusal, Frecuencia Cardiaca: 71 por minuto, eje eléctrico de +60°, Trastorno no especifico de la repolarización de la pared inferior (ondas T invertidas asimétricas) Undicilenato De Boldenona 400mg/Semana Intramuscular, 180 minutos de entrenamiento de entrenamiento tipo Crossfit.

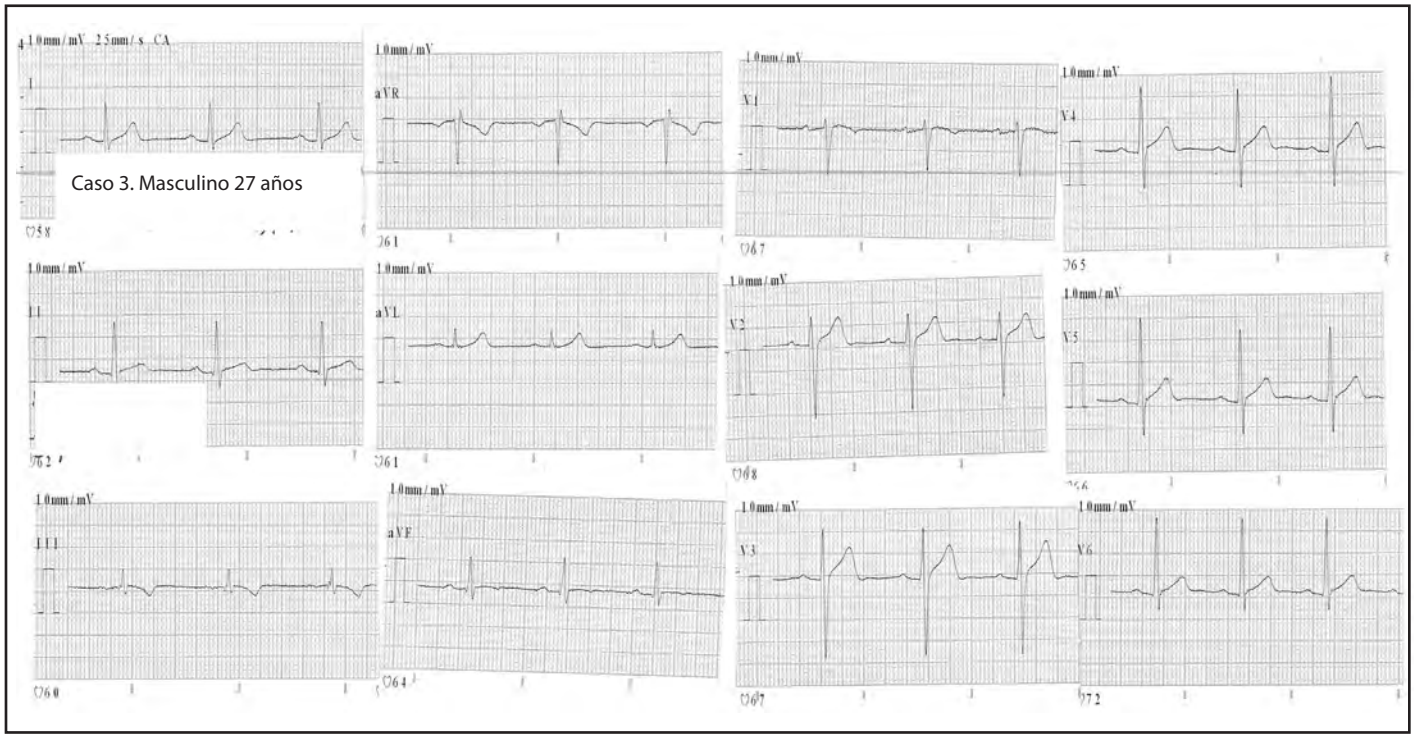


Figura 3. Electrocardiograma caso 4. Ritmo sinusal, Frecuencia Cardiaca: 65 por minuto, eje eléctrico de 0°, Bloqueo incompleto de la rama derecha del Haz de Hiz. Enantato de testosterona 300mg/semanal intramuscular, tres ciclos por año, 200 minutos de entrenamiento de fuerza a la semana.

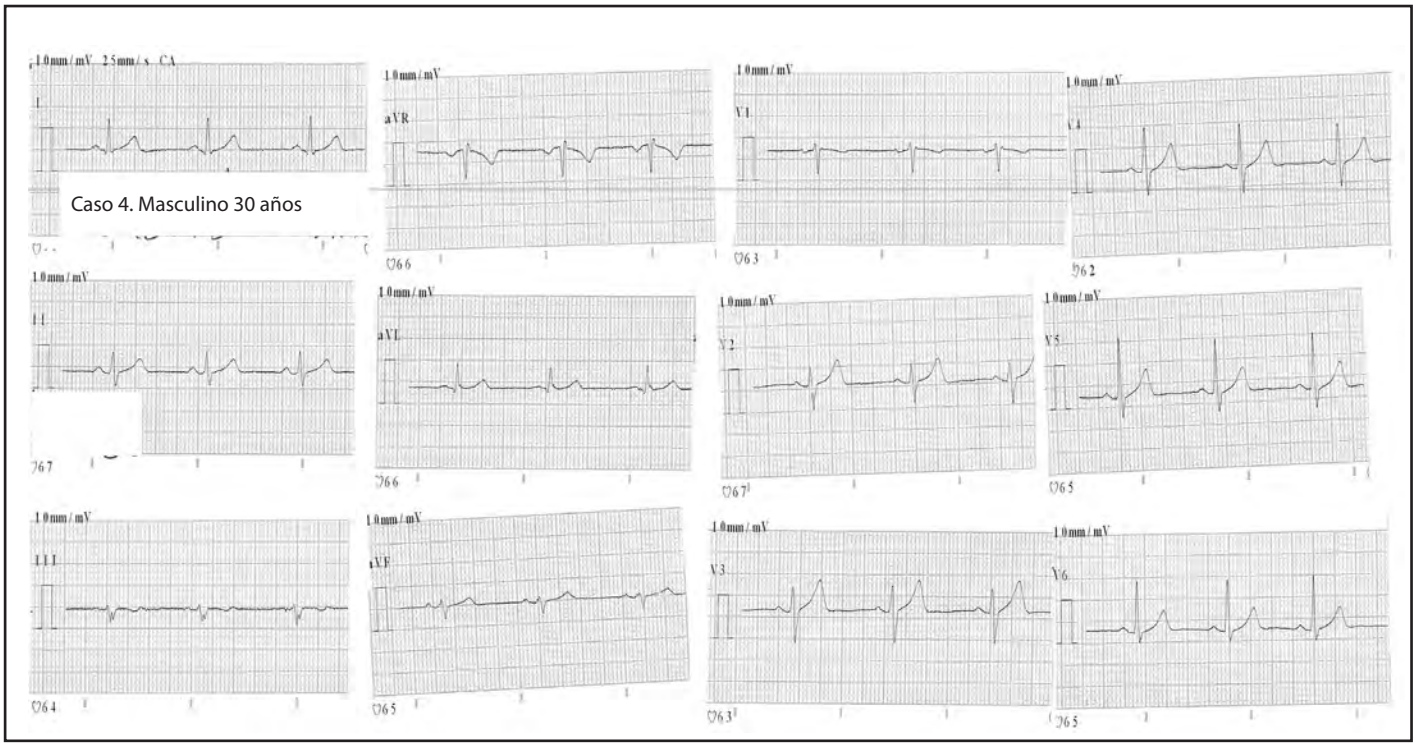


Figura 4. Electrocardiograma caso 12. Ritmo sinusal, Frecuencia Cardiaca: 78 por minuto, eje eléctrico de +90°, intervalo QTc de 365 ms mayor a lo esperado, Estanozolol 50mg cada 3 semanas intramuscular, 90 minutos de entrenamiento de CrossFit y con enfoque en potencia.

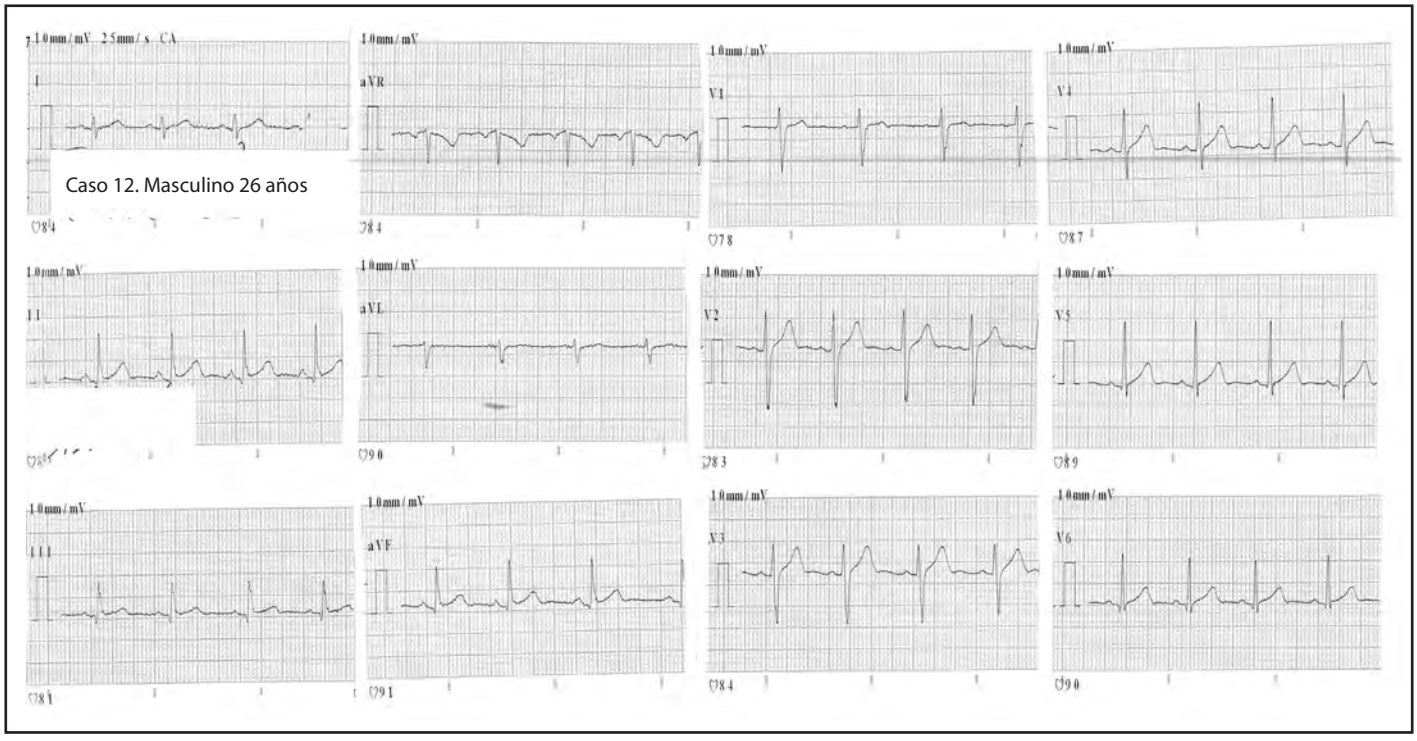


Figura 5. Electrocardiograma caso 6. Ritmo sinusal, Frecuencia Cardiaca: 68 por minuto, eje eléctrico de +120°, Bloqueo fascícular posterior izquierdo. Decanoato de testosterona 100mg/semana intramuscular, 75 minutos de entrenamiento de fuerza a la semana.

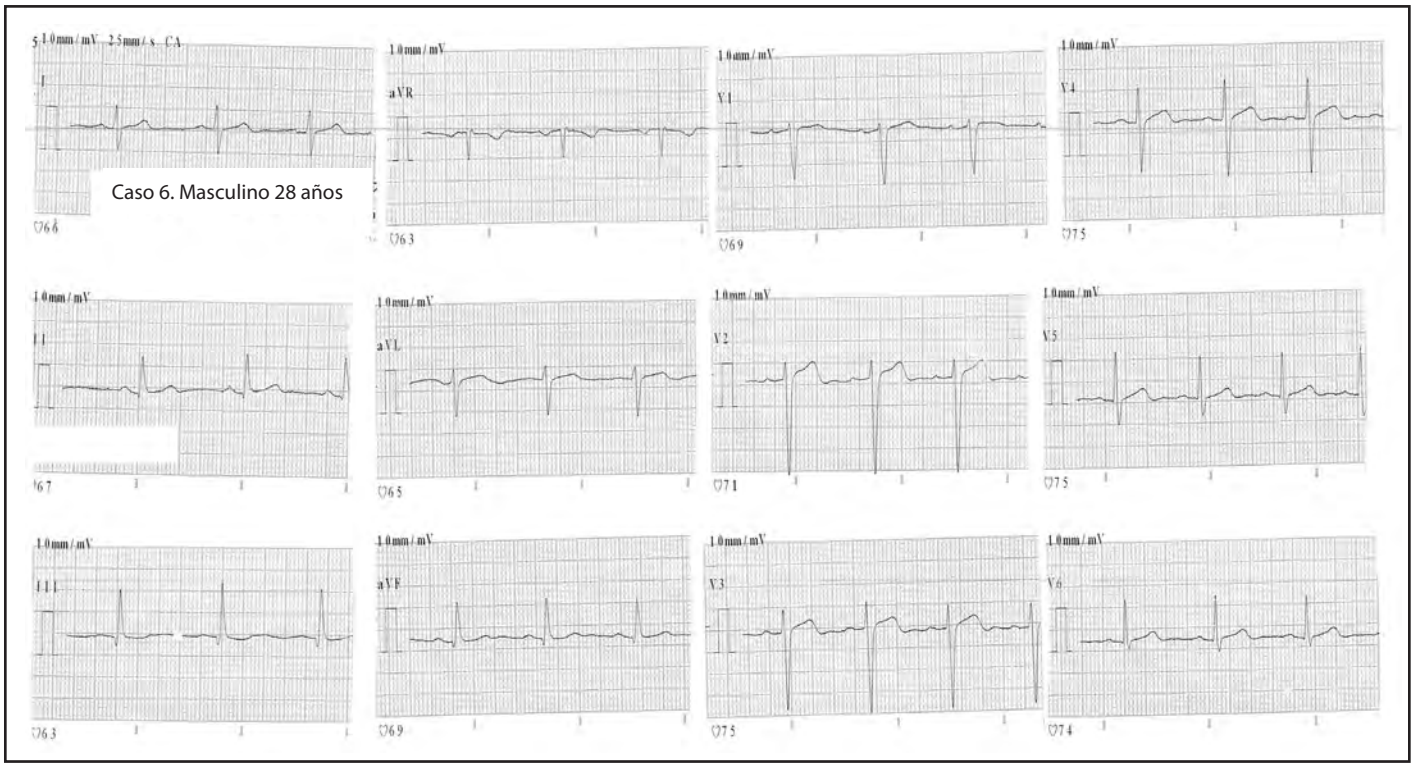
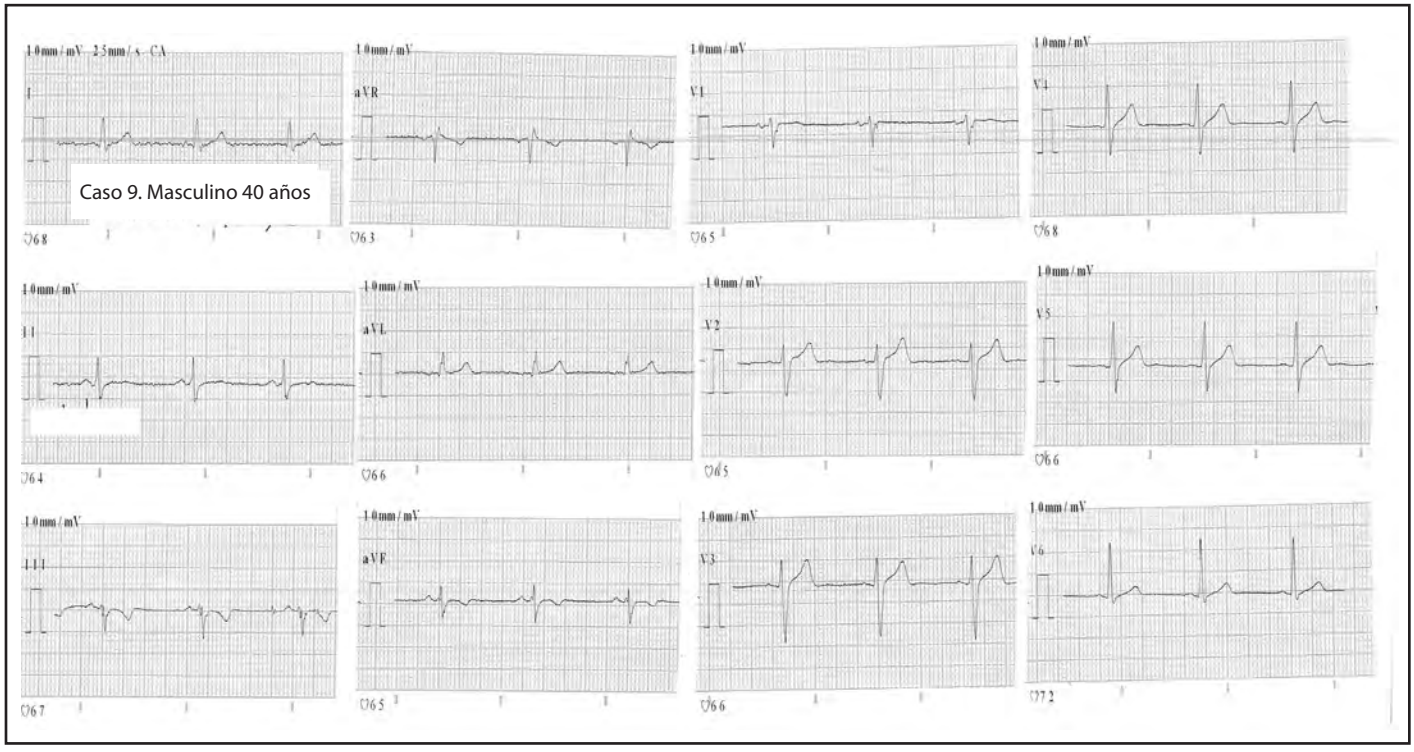


Figura 6. Electrocardiograma caso 9. Ritmo sinusal, Frecuencia Cardiaca: 66 por minuto, eje eléctrico de +15°, Trastorno no especificado de la repolarización de la pared inferior, Decanoato De Testosterona 100mg/Semanal, Intramuscular, 130 minutos de entrenamiento de fuerza.



de personas que emplean EAA para potenciar su rendimiento atlético y modificar su apariencia. Sin embargo, muchas de estas sustancias tienen un uso restringido en varios países y, en el caso de Colombia y otros países de Latinoamérica, su regulación es limitada. Esto ha facilitado la aparición de un mercado clandestino para su comercialización y consumo, que usualmente se realiza sin supervisión médica, convirtiéndose en un problema de salud pública desatendido[19].

En este estudio se identificaron varias alteraciones electrocardiográficas significativas. Siete participantes (30,4%) presentaron hallazgos graves, entre los que destacan la inversión de la onda T anterior, el bloqueo de rama izquierda y la prolongación del intervalo QT, mientras que más del 50% presentó cambios considerados limítrofes, como desviaciones del eje eléctrico y leves alteraciones en el voltaje QRS. Estos resultados reflejan la relación potencial entre el uso de EAA y cambios en la función cardíaca, lo que podría aumentar el riesgo de arritmias y complicaciones cardiovasculares en esta población. También se encontró que el promedio de uso de estas sustancias fue de 2,8 años, con al menos dos ciclos por año. La mayoría de los participantes realizaba entrenamiento de fuerza (52,17%) y eran hombres, con un promedio de 171,2 minutos de entrenamiento semanal. Sagoe, *et al*.[3] reportaron que la prevalencia global del uso de EAA es del 3,3%, siendo mayor en hombres (6,4%) en comparación con las mujeres (1,6%)[3]. Además, Hauger, *et al.* y Vaskinn, *et al.* reportaron edades promedio de consumo de alrededor de 37,1 años[19], con 33,2 años en hombres y 28,7 años en mujeres, respectivamente[20]. Estos resultados son similares a los encontrados en este estudio, donde solo participó una persona de sexo femenino.

En términos de posología, las dosis reportadas en este estudio superaron ampliamente las recomendaciones terapéuticas. Por ejemplo, el decanoato de testosterona, cuyo uso médico recomendado es de 100-200 mg cada 2-4 semanas, fue consumido en dosis de 100 mg semanales[21]. Además, se observó el uso de sustancias como la metandrostenolona (Dianabol), cuyo uso terapéutico, aunque raro, está limitado a 5-15 mg diarios, mientras que los participantes reportaron hasta 150 mg semanales. El undecilenato de boldenona, un esteroide de uso veterinario, fue consumido en dosis de 400 mg semanales, cuando en animales las dosis recomendadas suelen ser mucho menores y ajustadas al peso[21]. Este uso de medicamentos de origen veterinario plantea preocupaciones adicionales debido a la ausencia de estándares de seguridad o aprobación en humanos[22].

A pesar de estas dosis elevadas y prolongadas, ningún participante reportó el uso de medicación para la terapia postciclo (PCT), un protocolo diseñado para restablecer la producción natural de testosterona y mitigar los efectos adversos después de un ciclo de EAA. La falta de PCT podría contribuir a una supresión prolongada del eje hipotalámico-hipofisario-gonadal, exacerbando el riesgo de complicaciones cardiovasculares, metabólicas y endocrinas a largo plazo[23].

Los hallazgos de este estudio son consistentes con la literatura previa, pero también presentan diferencias relevantes. Maior, *et al*.[24] concluyeron que hay prolongación en el intervalo QT y PR antes, durante y después del ejercicio físico extenuante, en contraposición con los resultados de este estudio, donde el promedio de estos intervalos fue adecuado; aunque a los participantes se les realizó el ECG en reposo. Según Maior, *et al.*[24], existe mayor prolongación del intervalo QT al finalizar un ejercicio extenuante, generando mayor riesgo de taquiarritmia y muerte súbita debido a una respuesta simpática desregulada[21,22]. Sculthorpe, *et al.*[25], describieron el fenómeno de turbulencia eléctrica al final de los QRS como un método para evaluar la estabilidad electrofisiológica. Esta turbulencia representa pequeñas áreas del tejido cardíaco que tienden a despolarizarse de forma más lenta en el miocardio, generando potenciales eléctricos tardíos. Estos cambios están relacionados con el aumento de masa miocárdica, hipertrofia ventricular izquierda, fibrosis, aumento en la síntesis de colágeno y apoptosis[24]. Estos fenómenos parecen estar directamente relacionados con el tiempo de consumo[25,26].

Por otro lado, los valores bajos de frecuencia cardíaca en reposo encontrados en este estudio (68,3 latidos por minuto) son consistentes con lo reportado por Maior, *et al.*[24] y Sculthorpe, *et al*.[25], Sin embargo Júnior, *et al.*[10] evaluaron la respuesta del sistema nervioso autónomo antes, durante y después de una sesión de ejercicio aeróbico de 60 minutos en consumidores de EAA, encontrando frecuencias cardíacas promedio en reposo de 82,8 latidos por minuto[10]. Los hallazgos Sculthorpe, *et al.*[25], fueron dependientes de la regulación autonómica cardíaca, la cual refleja una adaptación positiva o negativa al entrenamiento, dependiendo del nivel de predominio parasimpático del sujeto, relacionado con la cantidad de masa muscular y nivel de entrenamiento[26].

También concluyeron que esto está relacionado con un mayor riesgo de muerte súbita. En deportistas de alto rendimiento suele haber una recuperación del predominio parasimpático en menor tiempo posterior al ejercicio, lo que actúa como un factor protector contra la muerte súbita y ciertos tipos de arritmias[27]. Sin embargo, se ha demostrado que en consumidores de EAA la recuperación es más lenta después del esfuerzo físico, lo que genera una ventana de mayor riesgo[28]. Cole, *et al.* consideran que esta respuesta anormal de la frecuencia cardíaca es un predictor de mortalidad[29].

Dentro de las implicaciones clínicas más importantes, se debe tener en cuenta que el consumo prolongado y en dosis elevadas de EAA también ha sido relacionado con disfunción miocárdica, hipertrofia ventricular izquierda y aterosclerosis coronaria acelerada[30]. Baggish, *et al.* mencionan que existe una disminución en el suministro de oxígeno al miocardio, lo que propicia una mayor inestabilidad electrofisiológica debido a la función sistólica alterada observada en sujetos consumidores[30]. Es posible que ocurra una despolarización parcial en un grupo de células contráctiles afectadas, lo que las hace susceptibles a generar potenciales de acción ectópicos. Adicionalmente, algunas personas pueden presentar cambios concomitantes que comprometen el tejido endotelial, causados por dislipidemia, hipertensión arterial, hiperaldosteronismo, hemoconcentración y vasoespasmos coronarios. Estos factores pueden empeorar el pronóstico y desencadenar isquemia miocárdica, que, sumado a los cambios electrofisiológicos, aumenta significativamente el riesgo cardiovascular[31,32].

Por otra parte, los fármacos con mayor asociación a complicaciones electrofisiológicas son la testosterona enantato[33,34] y el cipionato de testosterona[12,35], los cuales fueron utilizados por los participantes en este estudio. Adicionalmente, el uso de estas sustancias se ha asociado con dolor torácico típico, que se ha reportado sin cambios en el segmento ST pero con ondas T altas en todas las derivaciones, posiblemente relacionado con fenómenos de vasoespasmo[36]. Este efecto se ha vinculado con periodos de consumo crónico (mayor a dos años) en dosis elevadas y sin supervisión médica, lo que puede llevar

a infartos con coronarias sanas. Algo similar ocurre con el consumo de cocaína, tabaco, alcohol o anfetaminas[21]. Según Sogut, *et al.* el uso de EAA se asocia con vasoespasmo, especialmente en personas jóvenes, simulando un síndrome coronario a nivel electrocardiográfico. En este caso, se relacionó con el uso de estanozolol[37].

Este estudio tiene como fortaleza la identificación oportuna de alteraciones graves y la remisión de los participantes afectados para recibir atención médica, así como el enfoque en una problemática creciente relacionada con los estereotipos de belleza actuales. No obstante, presenta limitaciones, como el tamaño reducido de la muestra, la falta de análisis en condiciones de esfuerzo físico y la ausencia de pruebas complementarias, tales como monitoreo Holter o evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Además, no se realizaron análisis endocrinos. La falta de PCT podría reflejar un desconocimiento general sobre sus beneficios o una subestimación de los riesgos asociados al uso prolongado de estas sustancias.

Estas limitaciones dificultan la generalización de los hallazgos, pero invitan a realizar estudios futuros con un enfoque prospectivo y grupos control, para comprender mejor las dosis seguras que puedan generar resultados estéticos y deportivos sin comprometer la salud de las personas.

Conclusiones

Este estudio identificó alteraciones electrocardiográficas en consumidores de esteroides anabólicos androgénicos (EAA), destacando que más del 50% de los participantes presentó cambios limítrofes, como desviaciones del eje eléctrico y alteraciones en el voltaje del QRS, mientras que el 30,4% mostró hallazgos graves, incluyendo inversión de la onda T, bloqueo de rama izquierda y prolongación del intervalo QT. Estos resultados reflejan un impacto significativo del consumo de EAA en la función cardíaca, particularmente en el sistema de conducción y repolarización.

Aunque no se encontraron relaciones significativas con moléculas específicas, las dosis elevadas y el uso prolongado de estas sustancias, que superaron ampliamente las recomendaciones terapéuticas, podrían contribuir al desarrollo de hipertrofia ventricular izquierda y disfunción autonómica. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar políticas públicas para regular su acceso y fomentar la supervisión médica, así como de realizar estudios prospectivos que profundicen en las asociaciones entre dosis, tiempo de consumo y alteraciones cardiovasculares identificadas.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Bibliografía

1. Van Amsterdam J, Opperhuizen A, Hartgens F. Adverse health effects of anabolic–androgenic steroids. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2010;57:117–23.
2. Melki JP, Hitti EA, Oghia MJ, Mufarrij AA. Media exposure mediated social comparison to idealized images of muscularity, and anabolic steroid use. *Health Commun.* 2015;30:473–84.
3. Sagoe D, Molde H, Andreassen CS, Torsheim T, Pallesen S. The global epidemiology of anabolic-androgenic steroid use: a meta-analysis and meta-regression analysis. *Ann Epidemiol*. 2014;24:383–98.
4. Nagata JM, McGuire FH, Lavender JM, Brown TA, Murray SB, Compte EJ, *et al.* Appearance and performance-enhancing drugs and supplements (APEDS): Lifetime use and associations with eating disorder and muscle dysmorphia symptoms among cisgender sexual minority people. *Eat Behav.* 2022;44:101595.
5. Dominguez E, Fernandez PN, Gimenez J, Gerometta RM del R. Estudio descriptivo del consumo de esteroides anabólicos en la población que asiste a gimnasios de la ciudad de corrientes, Argentina. *Rev Posgrado Cátedra Med.* 2013;214:1–6.
6. Andrade AG de, Duarte P do CAV, Barroso LP, Nishimura R, Alberghini DG, Oliveira LG de. Use of alcohol and other drugs among Brazilian college students: effects of gender and age. *Braz J Psychiatry*. 2012;34:294–305.
7. Pope Jr HG, Wood RI, Rogol A, Nyberg F, Bowers L, Bhasin S. Adverse health consequences of performance-enhancing drugs: an Endocrine Society scientific statement. *Endocr Rev*. 2014;35:341–75.
8. Prutkin JM, Wilson MG. Electrocardiography in athletes: normal and abnormal findings. *Heart*. 2018;104:1902–9.
9. Kouidi EJ, Kaltsatou A, Anifanti MA, Deligiannis AP. Early left ventricular diastolic dysfunction reduced baroreflex sensitivity, and cardiac autonomic imbalance in anabolic–androgenic steroid users. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:6974.
10. Júnior JFCR, Silva AS, Cardoso GA, Silvino VO, Veras-Silva AS, Nakamura FY, *et al.* Differences in nervous autonomic control in response to a single session of exercise in bodybuilders using anabolic androgenic steroids. *J Hum Kinet*. 2021;80:93–101.
11. Sogut O, Kaya H, Gokdemir MT, Sezen Y. Acute myocardial infarction and coronary vasospasm associated with the ingestion of cayenne pepper pills in a 25-year-old male. *Int J Emerg Med.* 2012;5:5.
12. Garner O, Iardino A, Ramirez A, Yakoby M. Cardiomyopathy induced by anabolic-androgenic steroid abuse. *BMJ Case Rep*. 2018;2018:bcr2017223891.
13. Ilonze OJ, Enyi CO, Ilonze CC. Cardiomyopathy and heart failure secondary to anabolic-androgen steroid abuse. *Proc Bayl Univ Med Cent.* 2022;35:363–5.
14. Chegeni R, Pallesen S, McVeigh J, Sagoe D. Anabolic-androgenic steroid administration increases self-reported aggression in healthy males: a systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Psychopharmacology (Berl).* 2021;238:1911–22.
15. Serratosa-Fernández L, Pascual-Figal D, Masiá-Mondéjar MD, Sanz-de la Garza M, Madaria-Marijuan Z, Gimeno-Blanes JR, *et al.* Comentarios a los nuevos criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma del deportista. *Rev Esp Cardiol.* 2017;70:983–90.
16. Drezner JA, Sharma S, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, *et al.* International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: consensus statement. *Br J Sports Med.* 2017;51:704–31.
17. Leifman H, Rehnman C, Sjöblom E, Holgersson S. Anabolic Androgenic Steroids—use and correlates among gym users—an assessment study using questionnaires and observations at gyms in the Stockholm region. *Int J Environ Res Public Health.* 2011;8:2656–74.
18. Zoob Carter BN, Boardley ID. Development and validation of dependence and craving measures specific to athletes who use anabolic-androgenic steroids. *Front Psychol.* 2024;15.
19. Selk-Ghaffari M, Shab-Bidar S, Halabchi F. The prevalence of anabolic-androgenic steroid misuse in Iranian athletes: a systematic review and meta-analysis. *Iran J Public Health.* 2021;50:1120–34.
20. Vaskinn A, Hauger LE, Bjørnebekk A. Theory of mind in users of anabolic androgenic steroids. *Psychopharmacology (Berl)*. 2020;237:3191–9.
21. Patanè FG, Liberto A, Maria Maglitto AN, Malandrino P, Esposito M, Amico F, *et al.* Nandrolone decanoate: use, abuse and side effects. *Medicina (Mex).* 2020;56:606.
22. Meza R. La boldenona, un anabolizante vacuno, ¿existe riesgo de dopaje positivo? Revista institucional tiempos nuevos. *Tempos Nuevos.* 2021;26.
23. Jaguande Gonzales JJ. Atrofia testicular generada por el inadecuado uso de esteroides anabolizantes en varones aficionados al fisicoculturismo en el gimnasio Matt Gym del distrito Carmen de La Legua - Callao. Universidad San Ignacio de Loyola; 2017.
24. Maior AS, Carvalho AR, Marques-Neto SR, Menezes P, Soares PP, Nascimento JHM. Cardiac autonomic dysfunction in anabolic steroid users. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23:548–55.
25. Sculthorpe N, Grace F, Jones P, Davies B. Evidence of altered cardiac electrophysiology following prolonged androgenic anabolic steroid use. *Cardiovasc Toxicol.* 2010;10:239–43.
26. Rodríguez-Triviño CY, Jiménez CA, Veloza-Manchola LK, Quiñonez-Bohórquez D, Polania-Pérez JF. Masa muscular y control autonómico cardiaco en personas jóvenes en reposo y postejercicio. *Salud UIS.* 2022;54.

27. Malik M. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*. 1996;93:1043–65.
28. Billman GE. Cardiac autonomic neural remodeling and susceptibility to sudden cardiac death: effect of endurance exercise training. *Am J Physiol-Heart Circ Physiol.* 2009;297:H1171–93.
29. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999;341:1351–7.
30. Baggish AL, Weiner RB, Kanayama G, Hudson JI, Lu MT, Hoffmann U, *et al*. Cardiovascular toxicity of illicit anabolic-androgenic steroid use. *Circulation*. 2017;135:1991–2002.
31. Pereira E, Moyses SJ, Ignácio SA, Mendes DK, da Silva DS, Carneiro E, *et al.* Anabolic steroids among resistance training practitioners. *PLoS ONE*. 2019;14: e0223384.
32. Hernández-Guerra AI, Tapia J, Menéndez-Quintanal LM, Lucena JS. Sudden cardiac death in anabolic androgenic steroids abuse: case report and literature review. *Forensic Sci Res*. 2019;4:267–73.
33. Barbosa Neto O, da Mota GR, De Sordi CC, Resende EAMR, Resende LAPR, Vieira da Silva MA, *et al*. Long-term anabolic steroids in male bodybuilders induce cardiovascular structural and autonomic abnormalities. *Clin Auton Res*. 2018;28:231–44.
34. Routledge HC, Chowdhary S, Townend JN. Heart rate variability-a therapeutic target? *J Clin Pharm Ther.* 2002;27:85–92.
35. Sodhi P, Patel MR, Solsi A, Bellamkonda P. Decompensated non-ischemic cardiomyopathy induced by anabolic-androgenic steroid abuse. *Cureus*. 2020;12:e11476.
36. Sonmez E, Turkdogan KA, Yilmaz C, Kucukbuzcu S, Ozkan A, Sogutt O. Chronic anabolic androgenic steroid usage associated with acute coronary syndrome in bodybuilder. *Turk J Emerg Med.* 2016;16:35–7.
37. Placci A, Sella G, Bellanti G, Margheri M. Anabolic androgenic steroid-induced Takotsubo cardiomyopathy. *BMJ Case Rep*. 2015;2015:bcr2014209089.

Análisis comparativo del uso de los criterios electrocardiográficos internacionales en deportistas jóvenes

Antonio Rodríguez Martínez, Pablo Berenguel Martínez

Masqsano salud y deporte S.L.P.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00195

Recibido: 18/04/2024
Aceptado: 16/01/2025

Resumen

Introducción y objetivos: El electrocardiograma (ECG) en los exámenes en individuos jóvenes sigue siendo un tema de controversia debido a las tasas relativamente altas de falsos positivos. Además, aún no se ha establecido la validación de los criterios internacionales en deportistas menores de 12 años. La intención de este estudio es describir la prevalencia de los hallazgos del ECG en una muestra de deportistas infantojuveniles de entre 11 y 16 años.
Material y método: Estudio descriptivo trasversal retrospectivo de 14608 deportistas de entre 11 y 16 años, estableciendo niños de 11 a 12 años y adolescentes de 13 a 16. Para evaluar a los deportistas, se usó unos cuestionarios sobre antecedentes relevantes mediante un entrevistador. Además, se realizaron medidas antropométricas y ECG en reposo. Para medir los resultados primarios de los ECG anormales, se siguieron las recomendaciones internacionales para la interpretación electrocardiográfica en Deportistas.
Resultados: Entre la población evaluada de deportistas adolescentes, la gran mayoría mostró resultados sin alteraciones patológicas en el ECG, siendo los hallazgos adaptativos relacionados con la participación deportiva más frecuentes entre los adolescentes jóvenes y los hombres. El 1,34% de la muestra total fue diagnosticado de alguna patología cardíaca previamente desconocida únicamente a través del ECG.
Conclusiones: La información recopilada, aporta datos valiosos sobre la prevalencia de ECG normales, anormales y limítrofes en una muestra de deportistas jóvenes muy grande. Estos hallazgos sirven de referencia en la detección de alteraciones cardíacas potencialmente graves dentro de este grupo específico, considerando variaciones según la edad y el sexo. Además, nuestros hallazgos resaltan la utilización de los criterios refinados de Seattle como una técnica sensible y específica para la detección en deportistas infantojuveniles, mejorando aún más la precisión de las evaluaciones basadas en ECG.

Palabras clave:
Deportistas. Adolescente. Electrocardiograma. Muerte cardíaca súbita. Evaluación médica deportiva.

Comparative analysis of the use of international electrocardiographic criteria in young athletes

Summary

Introduction and objectives: Electrocardiogram (ECG) screening in young individuals remains a matter of controversy due to relatively high false positive rates. In addition, validation of international criteria in athletes under 12 years of age has not yet been established. The intention of this study is to describe the prevalence of ECG findings in a sample of juvenile athletes aged 11-16 years.
Material and method: Retrospective cross-sectional descriptive study of 14608 athletes aged 11 to 16 years, establishing children aged 11 to 12 years and adolescents aged 13 to 16 years. To assess the athletes, questionnaires on relevant background information were used by means of an interviewer. In addition, anthropometric measurements and resting ECG were performed. To measure the primary findings of abnormal ECGs, the international recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes were followed.
Results: Among the evaluated population of adolescent athletes, the vast majority howed results without pathological alterations in the ECG, with adaptive findings related to sports participation being more frequent among young adolescents and males. Of the total sample, 1.34% were diagnosed with a previously unknown cardiac pathology on ECG alone.
Conclusions: The information collected provides valuable data on the prevalence of normal, abnormal and borderline ECGs in a very large sample of young athletes. These findings serve as a reference in the detection of potentially serious cardiac abnormalities within this specific group, considering variations according to age and sex. Furthermore, our findings highlight the use of the refined Seattle criteria as a sensitive and specific technique for the detection of juvenile athletes, further improving the accuracy of ECG-based assessments.

Key words:
Athletes. Adolescent. Electrocardiogram. Sudden cardiac death. Sports medicine evaluation.

Correspondencia: Antonio Rodríguez Martínez
E-mail: antorodri8@gmail.com

Introducción

La muerte súbita cardíaca (MSC) entre poblaciones jóvenes y sanas es un motivo de preocupación médica y social[1]. Actualmente, su incidencia en deportistas se estima en torno a 1/50.000[2], pero estas cifras varían según el registro debido a diferencias en las metodologías de estudio y comparaciones entre poblaciones heterogéneas[3]. Ante la potencial letalidad de la MSC, se ha propuesto la evaluación previa a la participación (EPP) de los deportistas para detectar situaciones que puedan suponer un riesgo vital durante el ejercicio físico[4]. Se ha demostrado que la detección temprana de enfermedades potencialmente letales en los deportistas reduce la morbilidad y la mortalidad cardiovascular en algunos casos[5]. Los corazones con cardiopatías estructurales y eléctricas, incluidas las enfermedades de miocardio, enfermedades de los canales iónicos, anomalías coronarias, enfermedades cardíacas adquiridas y potenciales MSC, pueden ser inmanejables sin una detección temprana[6]. La realización de un ECG de 12 derivaciones puede proporcionar información diagnóstica sobre cardiopatías subyacentes que podrían producir arritmias malignas, que pueden estar relacionadas con la MSC[7]. Estudios italianos han demostrado que el EPP con ECG condujo a un descenso en la incidencia de muerte cardíaca súbita de 3,6/100.000 a 0,4/100.000 personas-año, lo que resultó en una reducción del 90% en la mortalidad asociada con los deportes[8,9]. Para detectar cardiopatías relacionadas con la MSC, el consenso de expertos elaborado en Seattle en 2013[10], fue propuesto como una herramienta que permite identificar hallazgos normales, limítrofes y patológicos, así como recomendaciones sobre el manejo clínico y asistencial a deportistas con hallazgos anormales. En 2017[11], los criterios de Seattle se redefinieron para aumentar la especificidad del ECG. Los criterios revisados incorporaron una sección que aborda consideraciones específicas para personas de 11 a 16 años, denominada patrón juvenil. Sin embargo, es importante señalar que esta población infantojuvenil no está representada y los criterios no incluyen a los niños pediátricos menores de 11 años. A partir de la publicación del documento de consenso, el objetivo de este estudio fue dilucidar la prevalencia de hallazgos anormales en el ECG en una muestra de deportistas pediátricos (niños) de 11 y 12 años y adolescentes de 13 a 16 años.

Material y método

Participantes

- Diseño: Se realizó un estudio descriptivo transversal retrospectivo, con componente inferencial, para analizar la lectura e interpretación del ECG realizado a los deportistas que participaron en el estudio entre 2018 y 2023.
- Población muestral: La población diana fueron los clubes deportivos de la provincia que solicitaron realizar el reconocimiento médico deportivo a través de este método. La participación total fue de 14.608 deportistas de ambos sexos, los cuales practicaban 11 disciplinas deportivas diferentes: fútbol, baloncesto, balonmano, voleibol, rugby, natación, futbol sala, tenis, gimnasia rítmica, pádel y atletismo. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito del padre, la madre o tutor responsable, y el de los propios deportistas, de conformidad con las obligaciones de la Ley de Protección de Datos. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la provincia correspondiente y cumplió con los criterios de investigación establecidos en la Declaración de Helsinki (enmendada por la 59ª Asamblea General de la AMM en Seúl, octubre de 2008).

Procedimientos

El protocolo de evaluación de deportistas fue llevado a cabo por un equipo de profesionales que se desplazó al lugar del reconocimiento, habitualmente instalaciones deportivas. El equipo estaba formado por 4 profesionales: 1 médico, 2 enfermeros y 1 fisioterapeuta. El material médico usado fue de 2 camillas, podoscopio, estadiómetro, báscula, fonendoscopio, tensiómetro, electrocardiógrafo, cinta métrica, otoscopio, saturímetro, tableta digital con programa para test de Snellen[1] y ordenador portátil. El circuito estaba formado por 4 estaciones o puestos donde cada profesional realizaba una serie de pruebas, mediciones y valoraciones:

- Primera estación: Revisión de la historia clínica del deportista, con especial interés en los antecedentes personales y familiares. Función realizada por personal de enfermería.
- Segunda estación: Valoración antropométrica, con mediciones de peso, talla, índice de masa corporal, perímetro abdominal, enver-

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

	Muestra (n = 14.608)	Niños (11-12 años) (n = 3.580)	Adolescentes (13-16 años) (n = 11.060)	Chicos (n = 10.897)	Chicas (n = 3.710)
Edad	12,7 ± 3,18 años	11,7 ± 0,2 años	14,8 ± 0,5 años	12,6 ± 3,2 años	13,2 ± 1,7 años
Sexo (chicos/chicas)	10.897 (74,59%) / 3.710 (25,39%)	2.784 (19,05%) / 763 (5,22%)	8.113 (55,53%) / 2.947 (20,17%)	-	-
Peso (kg)	50,1	44,5	61,3	50,8	51,8
Altura (metros)	159,1	152,9	168,9	159,1	158,8
IMC (kg/m^2)	19,35	18,47	22,51	19,26	20,01
Tensión arterial sistólica (mmHg)	108	103	115,7	108	107,9
Tensión arterial diastólica (mmHg)	60,1	59,5	64,5	61,2	62

Tabla 2. Hallazgos electrocardiográficos.

	Muestra (n = 14.608)	Niños (11-12 años) (n = 3.580)	Adolescentes (13-16 años) (n = 11.060)	Chicos (n = 10.897)	Chicas (n = 3.710)
Hallazgos normales					
Incremento del voltaje	2.086 (14,27%)	1.390 (9,51%)	696 (4,76%)	1.782 (12,19%)	304 (2,08%)
Bloqueo incompleto de rama derecha	887 (6,07%)	183 (1,25%)	704 (4,81%)	546 (3,73%)	341 (2,33%)
Repolarización precoz	847 (5,79%)	363 (2,48%)	484 (3,31%)	729 (4,99%)	118 (0,8%)
Patrón onda T población joven	563 (3,85%)	409 (2,79%)	154 (1,05%)	413 (2,82%)	150 (1,02%)
Bradicardia y arritmia sinusal	1.189 (8,13%)	701 (4,79%)	488 (3,34%)	799 (5,46%)	390 (2,66%)
Extrasístoles ventriculares menos de 2 en 10"	59 (0,40%)	22 (0,15%)	37 (0,25%)	46 (0,31%)	13 (0,08%)
Ritmo auricular o de la unión	3 (0,02%)	0 (0,00%)	3 (0,02%)	2 (0,01%)	1 (0,001%)
Bloqueo AV de 1er grado	85 (0,58%)	27 (0,18%)	58 (0,39%)	56 (0,38%)	29 (0,19%)
Bloque AV 2º grado Mobitz 1	2 (0,01%)	1 (0,001%)	1 (0,001%)	1 (0,001%)	1 (0,001%)
Hallazgos en el límite					
Bloqueo completo de rama derecha	100 (0,68%)	26 (0,17%)	74 (0,50%)	71 (0,48%)	29 (0,19%)
Desviación derecha del eje	756 (5,17%)	43 (0,29%)	713 (4,88%)	649 (4,44%)	107 (0,73%)
Desviación izquierda del eje	21 (0,14%	0 (0,00%)	21 (0,14%)	18 (0,12%)	4 (0,02%)
Hallazgos anormales					
Bloque AV 2º grado Mobitz 2	1 (0,001%)	1 (0,001%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (0,001%)
Inversión onda T a partir de v4	143 (0,97%)	90 (0,61%)	53 (0,36%)	111 (0,75%)	32 (0,21%)
Bloqueo completo de rama izquierda	7 (0,04%)	1 (0,001%)	6 (0,04%)	5 (0,03%)	1 (0,001%)
Patrón Brugada tipo	3 (0,02%)	2 (0,01%)	1 (0,001%)	2 (0,01%)	1 (0,001%)
Extrasístoles ventriculares mayor de 2 en 10"	46 (0,31%)	16 (0,10%)	30 (0,2%)	37 (0,25%)	9 (0,06%)

Valores presentados en frecuencia (porcentaje). Diferencias mediante prueba de Fisher o chi cuadrado cuando corresponda. HVI: hipertrofia ventricular izquierda (según criterios de Sokolow). AV: auriculoventricular. RBBB: Bloqueo de rama derecha.

gadura de miembros superiores, segmentos de extremidades superiores e inferiores. Además, se realizó una valoración de la huella plantar en estática mediante podoscopio, así como inspección de tobillos, rodillas y espalda. Por último, se valoró la agudeza visual mediante la carta de Snellen[12]. Esta estación puede fue realizada por un fisioterapeuta. Las mediciones del peso, talla, frecuencia cardíaca y presión arterial se obtuvieron siguiendo las recomendaciones del programa biológico internacional y las directrices actuales de la Sociedad Europea de Cardiología[13]. Para calcular el área de superficie corporal (SC), utilizamos la fórmula de DuBois y DuBois[14]. La función es realizada por personal de fisioterapia.

- Tercera estación: Exploración médica completa que englobó la valoración osteoarticular, auscultación cardiopulmonar, valoración neurológica, palpación de pulsos periféricos, dermatológica y general de todos los órganos. Esta estación, fue realizada por un facultativo especialista en medicina deportiva.
- Cuarta estación: Exploración cardiovascular, a través del ECG digital y monitorización de constantes vitales. La función fue desarrollada por personal de enfermería.

El ECG de 12 derivaciones en reposo se realizó en posición decúbito supino de acuerdo con los criterios de consenso internacional para la interpretación de ECG en deportistas. Se utilizó un electrocardiógrafo Cardioline modelo Touch ECG, con una velocidad de 25 mm/s y una amplitud de 10 mV. Para determinar si cada hallazgo del ECG fue normal o anormal, consideramos los criterios descritos en las guías de 2017[9], donde al menos uno de los cambios hallados era compatible con los

Figura 1. Prevalencia de hallazgos anormales en el ECG según el consenso internacional de 2017.

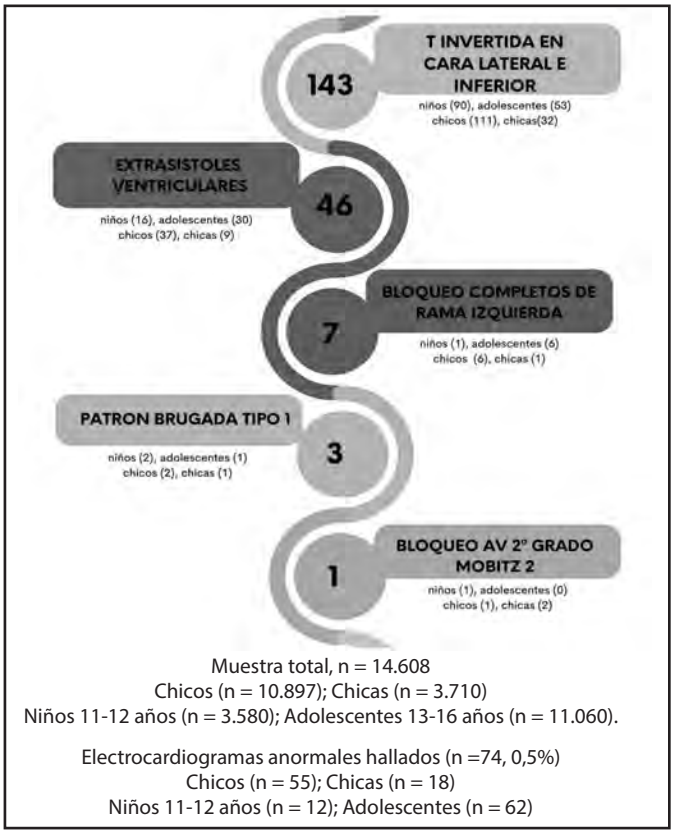
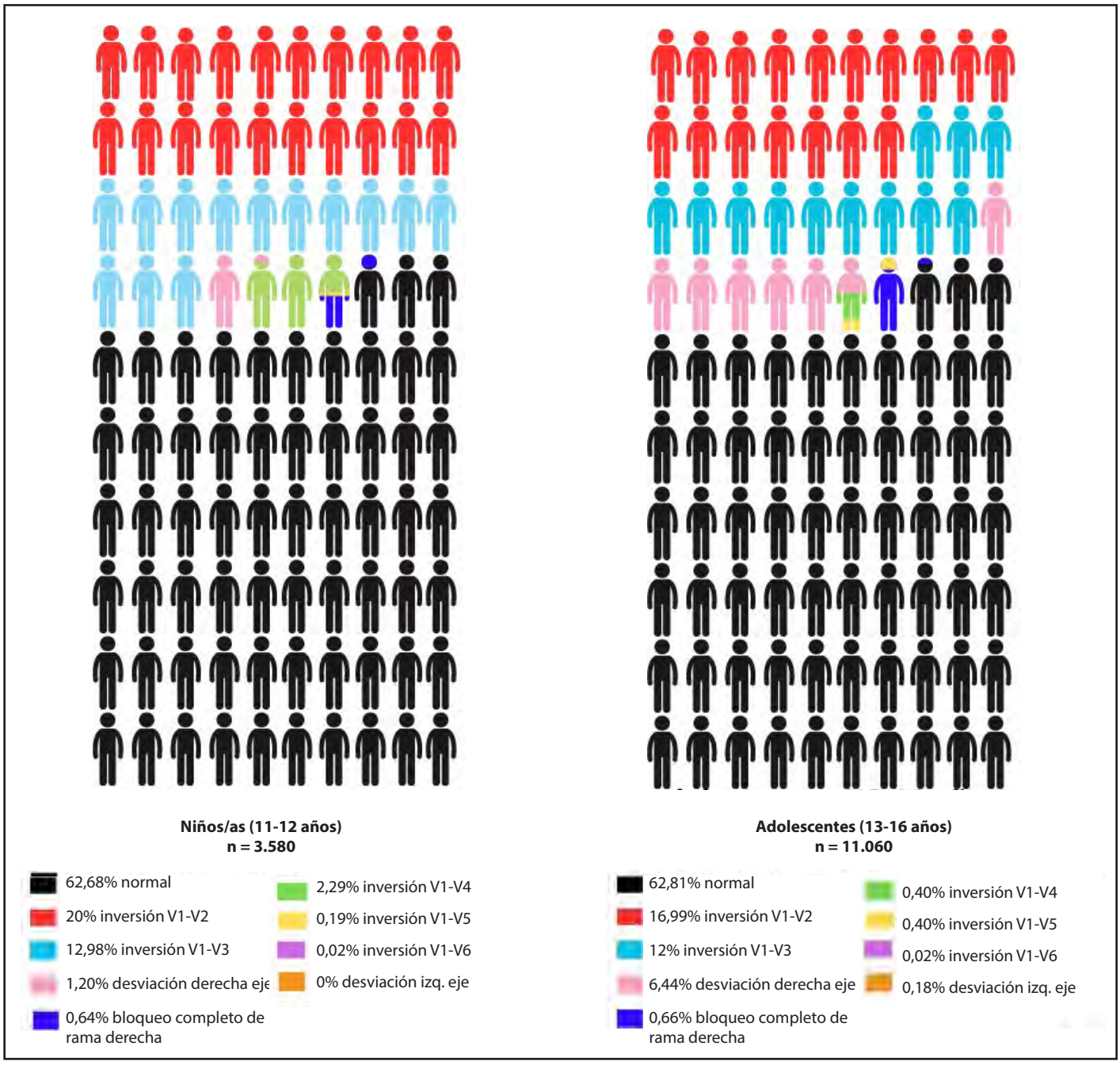


Figura 2. Prevalencia de trastornos de la repolarización por edad y hallazgos en el límite.

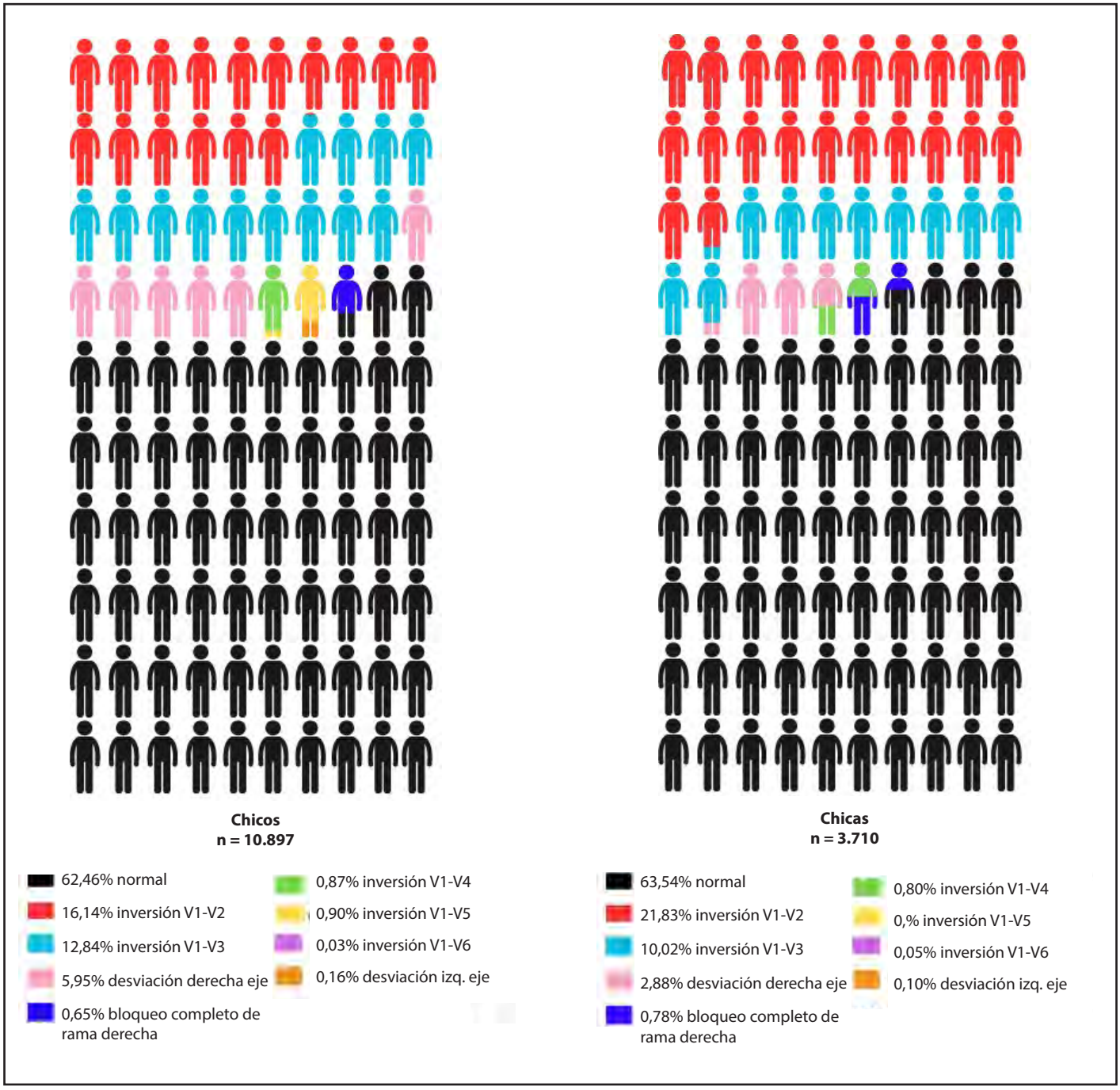


criterios detallados en la Tabla 1, como anormales, o se encontraron dos o más de los cambios considerados en el límite.

Las variables que se persiguieron medir fueron:

- Sexo: variable cualitativa dicotómica. Hombre/mujer.
- Deporte: variable cualitativa categórica: fútbol, baloncesto, balonmano, voleibol, *rugby*, natación, atletismo, fútbol sala, pádel y tenis.
- Edad: variable cuantitativa.
- Enfermedades anteriores cardiacas: variable cualitativa dicotómica. Si/no.
- Antecedentes familiares: variable cualitativa categórica: cáncer, diabetes, hipertensión y cardiopatías.
- Tensión arterial: variable cuantitativa continua
- Peso, altura e índice de masa corporal: variable cuantitativa continua
- Frecuencia cardiaca: variable cuantitativa continua
- Criterios de SEATTLE de 2017: incremento del voltaje, bloqueo incompleto de rama derecha, repolarización precoz, patrón onda T población joven, bradicardia y arritmia sinusal, extrasístoles ventriculares menos de 2 en 10", Ritmo auricular o de la unión, Bloqueo

Figura 3. Prevalencia de trastornos de la repolarización por sexo y hallazgos en el límite.



AV de 1er grado, Bloque AV 2º grado Mobitz 1, Bloqueo completo de rama derecha, desviación derecha del eje, desviación izquierda del eje, Bloque AV 2º grado Mobitz 2, inversión onda T a partir de v4, Bloqueo completo de rama izquierda, Patrón Brugada tipo 1, Extrasístoles ventriculares mayor de 2 en 10". Variable cualitativa categórica.

Análisis estadístico

Para resumir los datos, las variables cuantitativas fueron expresadas como medias acompañadas de su desviación estándar, mientras que las variables cualitativas se informaron como frecuencias y porcentajes. Desde el punto de vista gráfico se utilizaron pictogramas como

herramientas auxiliares en la representación de los datos. Los datos del análisis del ECG se registraron como una variable cualitativa ordinal, categorizada como normal, límite o patológica.

Resultados

La muestra para este estudio incluyó a 14.608 deportistas, siendo el 74,59% hombres y 25,41% mujeres, de los cuales más del 97% eran de etnia caucásica. Estos deportistas practicaban deportes federados diferentes en España, siendo el fútbol y el baloncesto los deportes más practicados (90%). Los deportistas tenían edades comprendidas entre 11 y 16 años (11 años, n = 1.191; 12 años, n = 2.389; 13 años, n = 1.682; 14 años, n = 940; 15 años, n = 6.963; 16 años, n = 1.475).

La Tabla 2 presenta información detallada sobre las medidas antropométricas y otras características de la población de estudio.

La Tabla 1 muestra los hallazgos electrocardiográficos que se consideraron no patológicos, en el límite y anormales en esta población. Estos hallazgos abarcan un amplio espectro de manifestaciones eléctricas relacionadas con los cambios fisiológicos asociados a la práctica deportiva y características específicas de la edad.

El hallazgo normal más frecuente observado en nuestro estudio fue el trastorno de repolarización (14,27%) según los criterios de Sokolow[15], la arritmia sinusal respiratoria y bradicardia sinusal, representando el 8,13% de los casos y el bloqueo incompleto de rama derecha de haz de His (BIRD) (6,07%). La prevalencia de estos hallazgos normales mostró variaciones según el sexo y la edad (Figura 1). La mayoría de los deportistas exhibieron ondas T negativas en las derivaciones precordiales, observándose la mayor prevalencia en las derivaciones V1-V2 (20% en niños y 16,99% en adolescentes). Otro subgrupo mostró ondas T negativas que se extendían hasta las derivaciones V1-V3, conocido como patrón juvenil. Ambos hallazgos fueron similares por edades (12,98% en niños y 12% en adolescentes), observándose mínimas diferencias significativas entre sexos (12,84% en chicos, 10,02% en chicas). Un pequeño porcentaje de deportistas (0,86%) presentó ondas T negativas que se extendían a las derivaciones V4 (127 casos) y V5 (12 casos). Además, la depresión del segmento ST no estuvo presente en los participantes (Figura 2).

Discusión

Este estudio tiene como objetivo proporcionar información valiosa sobre los hallazgos del ECG entre deportistas pediátricos y jóvenes adolescentes en España, con un enfoque específico en comparar los resultados en función de la edad y el sexo. Es importante señalar que actualmente hay datos limitados disponibles en la literatura sobre esta población específica, y aún no se ha establecido la validación de los criterios internacionales para deportistas menores de 11 años para optimizar la evaluación previa a la participación en deportistas jóvenes[16]. La baja prevalencia de hallazgos anormales en el ECG (1,34%) observada en esta cohorte enfatiza aún más la importancia de utilizar los criterios refinados de Seattle como una técnica sensible y específica para la detección efectiva de deportistas jóvenes.

Los hallazgos de este estudio revelaron que una proporción de deportistas presentaban lecturas electrocardiográficas no patológicas que eran apropiadas para su edad[17]. Además, se observaron diferencias entre los diferentes grupos de edad y sexos[10]. Específicamente, dentro de nuestra muestra, los hallazgos adaptativos relacionados con la participación deportiva fueron más frecuentes entre adolescentes jóvenes y chicos[18], donde son mayoría deportistas. Es importante mencionar que las alteraciones de repolarización mostraron una baja especificidad en la detección de enfermedades cardíacas debido a su alta prevalencia entre deportistas jóvenes sanos[19]. En particular, el estudio reveló una baja prevalencia de bradicardia en la muestra. Las alteraciones adaptativas relacionadas con la participación deportiva fueron más frecuentes en los adolescentes, potencialmente debido al mayor volumen de ejercicio realizado. Ejemplos de tales hallazgos incluyen: bradicardia sinusal, bloqueo auriculoventricular (AV) de primer grado y repolarización temprana.

Por el contrario, los hallazgos normales que aparecieron predominantemente en el grupo pediátrico se asociaron con la corta edad de los deportistas, como la arritmia sinusal y el patrón de onda T juvenil.

La presencia de anomalías en el ECG en deportistas federados con <12 años justifica una interpretación cuidadosa antes de atribuirlas a adaptaciones fisiológicas del corazón del deportista. Esto es particularmente importante dada su baja prevalencia (1,34%), como se muestra en la Figura 1. En nuestro estudio se observan diferencias significativas entre grupos de edad y sexos. Sin embargo, esto puede estar sesgado debido a la baja prevalencia de estas anomalías. La mayoría de estas anomalías (72,58%) fueron alteraciones de la repolarización en derivaciones precordiales que se extendieron más allá de V3, hasta V4 y V5, más frecuentes en varones (77,62%).

Este estudio tuvo como objetivo investigar la prevalencia de hallazgos anormales en el ECG de deportistas adolescentes en España. Parte de este análisis, se centró en la presencia de ondas T negativas en derivaciones específicas y su correlación con la patología. Específicamente, se evaluó la prevalencia de ondas T negativas que se extienden hasta las derivaciones V1-V3, conocidas como patrón juvenil[20]. El estudio también examinó posibles diferencias según la edad y el sexo. La mayoría de los deportistas exhibieron ondas T negativas hasta las derivaciones V1-V3 (12,06%), de acuerdo con el patrón juvenil[21]. En particular, estos hallazgos fueron más prevalentes entre los niños y chicos. A pesar de la prevalencia relativamente alta de estos hallazgos, se consideran dentro del rango normal, ya que su asociación con la patología cardíaca ha mostrado una correlación pobre en varios estudios[22].

Un pequeño porcentaje de deportistas (0,86%) mostró ondas T negativas que se extendían hasta las derivaciones V4 (127 casos) y V5 (12 casos), lo que requirió más investigación y seguimiento cardiológico para excluir posibles enfermedades del miocardio[23].

Estos hallazgos plantean preocupaciones sobre la posibilidad de patologías cardíacas subyacentes, como miocardiopatía latente o miocarditis. En un estudio exhaustivo en el que participaron 2.765 niños italianos sometidos a pruebas de detección previa a la participación, se determinó que la prevalencia de la inversión de la onda T precordial derecha era del 5,7% y esta prevalencia disminuyó después de la pubertad. En particular, entre los niños con inversión de la onda T, al 2,5% se les diagnosticó miocardiopatía. Estos hallazgos enfatizan la importancia crítica de realizar evaluaciones adicionales en casos de inversión de la onda T para prevenir eficazmente la muerte súbita cardíaca durante las

actividades deportivas[24]. Además, la combinación de elevación del punto J e inversión de la onda T restringida a las derivaciones V1-V4 ofrece un método confiable para distinguir con precisión entre la inversión de la onda T anterior "fisiológica" y "cardio miopático" en deportistas de diversos orígenes étnicos. Por el contrario, la presencia de elevación del segmento ST sin elevación previa del punto J en la inversión anterior de la onda T puede servir como indicación de miocardiopatía subyacente[25]. La aparición de una duración del QRS >120 milisegundos fue rara en este estudio[26] siendo el bloqueo completo de rama derecha el más frecuente (0,6%). Sin embargo, se considera un hallazgo límite en los últimos criterios internacionales si se trata de un hallazgo aislado y no asociado a otras alteraciones[27].

Los hallazgos anormales significativos en el ECG en reposo de esta población de 11 a 16 años difieren de los de la población general de deportistas y son poco comunes, presentándolos solo el 1,34%[28]. En general, la incidencia de hallazgos patológicos en este estudio es baja, pero no se debe pasar por alto la posibilidad de una enfermedad cardíaca subyacente, particularmente en los casos en los que existen factores de riesgo adicionales.

Sin embargo, publicaciones recientes han planteado dudas sobre la eficacia del cribado ECG en deportistas jóvenes. Algunos estudios no han logrado encontrar anomalías en el ECG asociadas con la muerte súbita en 891 deportistas que se sometieron a pruebas de detección[29]. Aunque esto genera preocupación, es importante resaltar un hallazgo significativo en nuestra muestra: el 1,34% de los niños presentaron lecturas de ECG anormales. Esto enfatiza la importancia del cribado ECG en deportistas jóvenes, desde la edad pediátrica[30]. Sugiere que la detección temprana mediante exámenes de detección es valiosa, ya que puede identificar anomalías cardíacas que de otro modo pasarían desapercibidas. En general, mientras continúa el debate sobre la eficacia del cribado con ECG, nuestro estudio aporta evidencia valiosa para respaldar la utilidad del cribado con ECG en deportistas jóvenes, particularmente en el grupo de edad pediátrica.

Si bien el ECG sirve como técnica de detección de canalopatías y miocardiopatías que pueden causar MSD, su utilidad en los jóvenes sigue siendo controvertida, en parte debido a las tasas altas de falsos positivos. Con solo el 1,34% de ECG anormales en nuestra muestra, podemos concluir que los falsos positivos son bajos y similares a los de los deportistas de mayor edad[30], indicando que se pueden utilizar criterios generales en este grupo de edad. Este mismo porcentaje también se ha informado en una cohorte suiza[31] y ligeramente superior en un estudio de futbolistas italianos[32], lo cual es importante señalar ya que los hallazgos anormales incluyeron alteraciones como BRD y onda T negativa en V1-V3. También se informó un porcentaje más alto en un artículo de 2017 de Graziol, *et al*.[33], pero en este estudio no se aplicaron los criterios refinados de Seattle para la interpretación, solo los criterios anteriores publicados en 2013.

La interpretación de los valores del ECG debe considerar la edad y las características del deportista[34], según la literatura disponible y los hallazgos de este estudio. Las diferencias observadas en los resultados del ECG entre deportistas pediátricos y jóvenes adolescentes y la población general tienen implicaciones prácticas para la toma de decisiones clínicas, como la evaluación de la aptitud deportiva, la sospecha de patología, la realización de pruebas cardiológicas complementarias y el seguimiento.

Una limitación de este estudio es la falta de un grupo de control (es decir, adolescentes no entrenados) para comparar. Sin embargo, se informaron resultados similares en estudios anteriores que también carecían de grupos de control. Otras limitaciones incluyen el alto porcentaje de participantes masculinos, el predominio de futbolistas y la homogeneidad de la muestra en términos de raza/etnia. Además, este estudio se realizó en un solo centro médico, es transversal y estrictamente descriptivo, lo que excluye inferencias causales con respecto a la relación entre el tipo de entrenamiento, el historial deportivo y los hallazgos observados en el ECG. Para futuras líneas de actuación, sería interesante el desarrollo de análisis bi y multivariables de los datos para proporcionar evidencias sólidas algunas de las hipótesis sostenidas en este manuscrito.

Conclusión

En resumen, este estudio proporciona un análisis exhaustivo de los hallazgos típicos del ECG en deportistas pediátricos y adolescentes jóvenes, así como de alteraciones raras que pueden indicar una enfermedad cardíaca subyacente. Estos hallazgos se pueden comparar con poblaciones similares agrupadas por edades de 11 a 16 años y sexo. La baja prevalencia de hallazgos anormales en esta cohorte (1,34%) respalda el uso de los criterios refinados de Seattle como una técnica sensible y específica para la detección de deportistas pediátricos y jóvenes.

Estos hallazgos del ECG son especialmente valiosos a la hora de tomar decisiones en deportistas jóvenes de ambos sexos, similares a los incluidos en este estudio. Los resultados de este estudio pueden ayudar a guiar investigaciones futuras e informar la práctica clínica, promoviendo en última instancia la salud y la seguridad de los deportistas pediátricos y jóvenes.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Corrado D, Basso C, Thiene G. Essay: Sudden death in young athletes. *Lancet Lond Engl*. 2005;366 Suppl 1:S47-48.
2. Harmon KG, Drezner JA, Wilson MG, Sharma S. Incidence of sudden cardiac death in athletes: a state-of-the-art review. *Br J Sports Med*. 2014;48:1185-92.
3. Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ, Owens DS, Prutkin JM, Salerno JC, *et al*. Incidence, cause, and comparative frequency of sudden cardiac death in national collegiate athletic association athletes: A Decade in Review. 2015;132:10-9.
4. Maron BJ, Zipes DP, Kovacs RJ. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: preamble, principles, and general considerations: A scientific statement from the American a Heart Association and American College of Cardiology. 2015;132.
5. Corrado D, Zorzi A, Sarto P. Pre-participation screening for safe sports activity. *Eur Heart J*. 2023;44:2258-9.
6. Asif IM, Harmon KG. Incidence and etiology of sudden cardiac death: new updates for athletic departments. *Sports Health*. 2017;9.
7. Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, Sharma S, Link M, Basso C, *et al*. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J*. 2010; 31:243-59.

8. Donati F, Guicciardi C, Lodi E, Fernando F, Palermi S, Modena MG, *et al*. Echocardiography in the preparticipation screening: an old topic revisited. *J Cardiovasc Med.* 2023;24:297-301.
9. Koch S, Cassel M, Linné K, Mayer F, Scharhag J. ECG and echocardiographic findings in 10–15-year-old elite athletes. *Eur J Prev Cardiol*. 2014;21:774-81.
10. Drezner JA, Fischbach P, Froelicher V, Marek J, Pelliccia A, Prutkin JM, *et al.* Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med.* 2013;47:125-36.
11. Drezner JA, Sharma S, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, *et al*. International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: Consensus statement. *Br J Sports Med.* 2017;51:704-31.
12. Azzam D, Ronquillo Y. Snellen Chart. 2023 May 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan
13. Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti Rosei E, Azizi M, Burnier M, *et al*. 2018 Practice guidelines for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension: ESC/ESH task force for the management of arterial hypertension. *J Hypertens.* 2018;36:2284-309.
14. Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif.* 1989;5:303- 11.
15. Ehara S, Hasegawa T, Matsumoto K, Otsuka K, Yamazaki T, Iguchi T, *et al.* The strain pattern, and not Sokolow-Lyon electrocardiographic voltage criteria, is independently associated with anatomic left ventricular hypertrophy. *Heart Vessels.* 2014 Sep;29: 638-44.
16. Beach CM, Lampert R. Optimizing pre-participation screening to prevent tragedy in young athletes: moving from if to how. *Eur Heart J.* 2023;44:1093-5.
17. McClean G, Riding NR, Ardern CL, Farooq A, Pieles GE, Watt V, *et al.* Electrical and structural adaptations of the paediatric athlete's heart: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018;52:230.
18. De Bosscher R, Moeyersons J, Dausin C, Claeys M, Janssens K, Claus P, *et al*. Relating QRS voltages to left ventricular mass and body composition in elite endurance athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2023;123(3):547-559.
19. Calore C, Melacini P, Pelliccia A, Cianfrocca C, Schiavon M, Di Paolo FM, *et al.* Prevalence and clinical meaning of isolated increase of QRS voltages in hypertrophic cardiomyopathy versus athlete's heart: relevance to athletic screening. *Int J Cardiol.* 2013;168:4494-7.
20. Papadakis M, Basavarajaiah S, Rawlins J, Edwards C, Makan J, Firoozi S, *et al*. Prevalence and significance of T-wave inversions in predominantly caucasian adolescent athletes. *Eur Heart J.* 2009;30:1728-35.
21. Calò L, Sperandii F, Martino A, Guerra E, Cavarretta E, Quaranta F, *et al.* Echocardiographic findings in 2261 peri-pubertal athletes with or without inverted T waves at electrocardiogram. *Heart*. 2015;101:193-200.
22. Malhotra A, Dhutia H, Gati S, Yeo TJ, Dores H, Bastiaenen R, *et al.* Anterior T- wave inversion in young white athletes and nonathletes. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69:1-9.
23. Schnell F, Riding N, O'Hanlon R, Axel Lentz P, Donal E, Kervio G, *et al.* Recognition and significance of pathological T-wave inversions in athletes. 2015;131:165-73.
24. Migliore F, Zorzi A, Michieli P, Perazzolo Marra M, Siciliano M, Rigato I, *et al.* Prevalence of cardiomyopathy in italian asymptomatic children with wlectrocardiographic T-wave inversion at preparticipation screening. 2012;125:529- 38.
25. Calore C, Zorzi A, Sheikh N, Nese A, Facci M, Malhotra A, *et al.* Electrocardiographic anterior T-wave inversion in athletes of different ethnicities: differential diagnosis between athlete's heart and cardiomyopathy. *Eur Heart J.* 2016;37:2515-27.
26. Kim JH, Noseworthy PA, McCarty D, Yared K, Weiner R, Wang F, *et al.* Significance of electrocardiographic right bundle branch block in trained athletes. *Am J Cardiol.* 2011;107:1083-9.
27. Kim JH, Baggish AL. Electrocardiographic right and left bundle branch block patterns in athletes: prevalence, pathology, and clinical significance. *J Electrocardiol*. 2015;48:380-4.
28. Albiński M, Saubade M, Menafoglio A, Meyer P, Capelli B, Perrin T, *et al.* Diagnostic yield and cost analysis of electrocardiographic screening in swiss paediatric athletes. *J Sci Med Sport*. 2022;25:281-6.
29. Writing Committee Members, Ommen SR, Mital S, Burke MA, Day SM, Deswal A, *et al.* 2020 AHA/ACC guideline for the diagnosis and treatment of patients with hypertrophic cardiomyopathy: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;162:e23-106.
30. Sarto P, Zorzi A, Merlo L, Vessella T, Pegoraro C, Giorgiano F, *et al.* Value of screening for the risk of sudden cardiac death in young competitive athletes. *Eur Heart J.* 2023;44:1084-92.
31. Dhutia H, Malhotra A, Finocchiaro G, Merghani A, Papadakis M, Naci H, *et al.* Impact of the international recommendations for electrocardiographic interpretation on cardiovascular screening in young athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2017;70:805-7.
32. Calò L, Martino A, Tranchita E, Sperandii F, Guerra E, Quaranta F, *et al.* Electrocardiographic and echocardiographic evaluation of a large cohort of peri- pubertal soccer players during pre-participation screening. *Eur J Prev Cardiol.* 2019;26:1444-55.
33. Grazioli G, Sanz de la Garza M, Vidal B, Montserrat S, Sarquella-Brugada G, Pi R, *et al.* Prevention of sudden death in adolescent athletes: Incremental diagnostic value and cost-effectiveness of diagnostic tests. *Eur J Prev Cardiol.* 2017;24:1446-54.
34. Sharma S, Drezner JA, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, *et al*. International recommendations for electrocardiographic Interpretation in athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69.

How are Spanish athletes using technological advanced running shoes (TARS)? Do they influence injuries?

Raul Zapata-Rodrigo[1,2], Elisa M. Benito-Martínez[1,3,4], Christophe Ramírez Parenteau[1]

[1]Medical Team Royal Spanish Athletics Federation (Real Federación Española de Atletismo. RFEA). [2]Hospital MAZ. Zaragoza. [3]College of Nursing and Physiotherapy. Pontifical University of Comillas. Madrid. [4]San Juan de Dios Foundation, Madrid.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00196

Recibido: 18/10/2024
Aceptado: 17/01/2025

Summary

Objectives: To determinate how technological advanced running shoes (TARS) are being used by high-level athletes and to detect changes in the distribution of musculoskeletal injuries among athletes who use TARS.
Material and method: A descriptive, cross-sectional study was designed. All Spanish athletes who participated in international championships (n = 221) during summer 2023 were invited to complete a questionnaire with demographic, training load, using of TARS and status health questions.
Results: The questionnaire was completed by 221 (100%) athletes; 184 (83.3%) athletes claimed to use TARS, for 1.93 years on average, of whom 157 (71%) used TARS in both competition and training. In relation to muscle fatigue and muscle recovery using TARS, 28 (75,6%) of long distance and 16 (66,6%) of middle distance runners perceived less muscle fatigue, whereas 36 (52,8%) of sprinters perceived more muscle fatigue. 105 (47.5%) reported a time-loss injury. Athletes who use more time TARS and run more kilometres with them perceived more muscle fatigue (P <0.001) and reported more time-loss injuries (P <0.01).
Conclusions: More than 85% of sprint, middle and long distance, hurdles, multiple events and race-walking athletes use TARS. More than two thirds of middle and long distance athletes accumulate less muscle fatigue with its use, while more than half of the sprint, hurdles and multiple events athletes accumulate greater muscle fatigue. Time of use, both in years and percentage of use, could be associated with a greater accumulated muscle fatigue and a greater presence of time-loss injuries.

Key words:
Athlete. Injury. Musculoskeletal. Technological. Advanced. Shoe.

Zapatillas tecnológicamente avanzadas. ¿Cómo las utilizan los atletas de la Selección Española?¿Influye en la aparición de lesiones?

Resumen

Objetivos: Determinar el uso de zapatillas avanzadas tecnológicamente (TARS) por parte de atletas de profesionales y detectar cambios en la distribución de lesiones musculoesqueléticas entre aquellos que las utilizan.
Material y método: Se diseñó un estudio descriptivo y transversal. Se invitó a todos los deportistas españoles que participaron en campeonatos internacionales (n = 221) durante el verano de 2023 a completar un cuestionario con preguntas demográficas, de carga de entrenamiento, uso de TARS y estado de salud.
Resultados: El cuestionario fue completado por 221 (100%) deportistas; 184 (83,3%) deportistas afirmaron utilizar TARS, durante 1,93 años de media, de los cuales 157 (71%) utilizaron TARS tanto en competición como en entrenamiento. En relación a la fatiga muscular utilizando TARS, 28 (75,6%) de los corredores de larga distancia y 16 (66,6%) de los de media distancia percibieron menos fatiga muscular, mientras que 36 (52,8%) de los velocistas percibieron más fatiga muscular. 105 (47,5%) refirieron una lesión con pérdida de tiempo. Los atletas que utilizan más TARS y corren más kilómetros con ellos perciben más fatiga muscular (p <0,001) y refieren más lesiones con pérdida de tiempo (p <0,01).
Conclusiones: Más del 85% de los atletas de velocidad, medio fondo, vallas, multieventos y marcha utilizan TARS. Más de dos tercios de los atletas de medio fondo y multieventos acumulan menos fatiga muscular con su uso, mientras que más de la mitad de los atletas de velocidad, vallas y multieventos acumulan mayor fatiga muscular. El tiempo de uso, tanto en años como en porcentaje de uso, podría estar asociado a una mayor fatiga muscular acumulada y a una mayor presencia de lesiones con pérdida de tiempo de entrenamiento o competición.

Palabras clave:
Atleta. Lesión. Musculoesquelético. Tecnológico. Avanzado. Zapatilla.

Correspondence: Elisa M. Benito Martínez
E-mail: elisabenito@comillas.edu

Introduction

Background

Technological development of running shoes plays a determinant role in the race to improve athletes' performance, allowing them to break ever-increasing demanding records[1].

So much that, in recent years, the sport of running has been revolutionised by technologically advanced running shoes (TARS) that combine cushioning with a resilient midsole and a carbon fiber plate (CFP)[2,3].

The main differences between TARS and conventional ones are mainly:

- Embedded carbon fiber plate[4,5].
- Curvature of the carbon plate[6].
- Innovative midsole material[7].
- Appreciable midsole thickness[1].

Since the launching of the first TARS by Nike® in 2016, men and women's world records in long-distance road running (i.e., from 5 km to the marathon) have all been broken by TARS wearers[8].

The scope of race performance improvements by athletes running with TARS was so significant that World Athletics had to react, publishing the statement "Athletics Shoe Regulations". The new regulation, which came into force on January 1st 2022, allows the combination of a single CFP and responsive foam midsoles if not exceeding 20 mm of sole thickness for field (except triple jump) and track events, 25 mm for track events from 800 metres and above, and 40 mm for road events[9].

Biomechanics of TARS

The use of TARS has prompted the irruption of relevant biomechanical changes in lower extremities[10].

Hoogkamer, *et al*.[4] investigated the biomechanical differences in marathon runners using three models of shoes, one TARS and two conventional. Athletes usings TARS were observed to have decreased cadence, with longer steps and longer flight time. Furthermore, peak vertical ground reaction forces and the vertical impulse per step were higher in TARS group.

Concerning the ankle joint, peak ankle dorsiflexion during stance and peak ankle moments were revealed to be reduced and lower negative and positive ankle work were observed in TARS compared to standard competitive footwear during running[4].

At the metatarsophalangeal (MTP) joint, peak extension (i.e., dorsiflexion) was lesser, peak dorsiflexion velocity was slower and peak moment was smaller. Besides, negative work at the MTP joint was least in TARS in comparison with standard shoes[4].

Regarding the knee and hip, it is not clear whether TARS determine any biomechanical changes. Hoogkamer did not observe any difference[4]. However Cigoja observed a redistribution of positive lower limb joints work from the knee to MTF with decreased positive work at the knee and increased positive work at MTF[11].

The possible redistribution of lower limb work could determinate changes in muscle function during running. A recent biomechanical investigation revealed how midsole bending stiffness of shoes alters gastrocnemius medialis muscle function during running. The study concluded that running in stiff shoes resulted in less muscle shortening, slower average shortening velocity and greater estimated Achilles tendon energy return, which allows ankle plantarflexor muscle-tendon unit to operate on a more favourable position of the muscle's force-length-velocity relationship[12].

As far as running economy concerns, there seems to be a broad consensus about the benefit of TARS advantage use over conventional shoes, effecting a variation of 2-4%, depending on the series[4,7,13-16].

Data research has primarily focused on performance enhancements by TARS, namely regarding biomechanical advantages and improvements in running economy. Nevertheless, there is paucity of studies investigating changes in injuries distribution using TARS or possible associations between TARS and running-related injuries. So much so, a very recent editorial (July 2023) from one of the sports medicine journals with the highest impact factor draws attention to this lack of studies and encourages more research to be carried out on this topic[2].

To date, only one study that aims to establish an association between bone stress fractures of navicular and the use of TARS has been published. However, it is just an observational research in the form of a case series of 5 patients. Consequently, the evidence provided is limited[10].

Not only that, but the exact way that athletes use TARS is unknown. It is not clear since when they are using them, nor if they combine them with conventional shoes or not; and in this case, what percentage of the total kilometres or hours of weekly training they do with TARS. In addition, the differences that may arise in this sense between the different athletics events are also unknown.

The aim of this study is twofold. Firstly, to describe how TARS are being used in different areas (i.e., training, competition, kilometres run, hours of training or years of use) and clarify whether there are variations between event groups. Secondly, to detect possible changes in the distribution of injuries among athletes who use TARS that would allow the establishment of hypotheses in future researches.

Material and method

Study design and population

A descriptive, cross-sectional study was designed. The target population was Spanish international level athletes that were selected by Spanish Athletics Federation to participate in one of the international track and field championships held during summer 2023 (i.e., European Athletics Team Championships Silesia 2023, European Athletics Under-23 Championships Espoo 2023, European Athletics Under-20 Championships Jerusalem 2023 and World Athletics Championships Budapest 2023).

Patient and public involvement

Athletes were involved in the design and conduct of this research. During the design stage, they were informed through structured interviews of the research questions, choice of outcome measures and methods of recruitment.

Once the research is published, participants will be sent details of the results in a study newsletter suitable for a non-specialist audience.

Data collection

All the athletes were invited to complete a questionnaire. No one refused to participate.

The questionnaire was designed by the researchers. The overall goal was to know how athletes nowadays use TARS and to identify possible risks factors between de use of TARS and injuries. The questionnaire was developed to collect information directly from the athletes regarding their personal characteristics (gender, age, height, weight, event group) and training load in the last four weeks (i.e., kilometres of training accumulated on average in middle distance, long distance and race walking athletes and training hours accumulated in the rest of events).

Four questions were asked concerning the use of TARS: whether athletes use them or not and if so, when they started to use it (year), whether they use TARS only in competition, only in training or both; and how many kilometres or hours of training they performed with TARS per week during the last four weeks.

Two final questions were raised about health status. First, a subjective question about whether the athletes experienced changes in terms of muscle fatigue and muscle recovery since they started using TARS; and a second question asking about time-loss injuries in the last two years regardless of the use of TARS.

The questionnaire was available in a paper format and was distributed by the medical team three days before the competition. Athletes were asked to individually complete the questionnaire or with the help of the team physician, if needed.

Data analysis

First, questionnaire data, response rate and completeness of the questionnaire were assessed, and athletes' characteristics, muscle fatigue and time-loss injuries were analysed using descriptive statistics. For quantitative variables, the mean, standard deviation (SD), minimum and maximum were used, whereas absolute and percentage frequencies were used for categorical variables. All selected athletes completed the questionnaire, so it was not necessary to perform analysis of the non-responders.

Second, in order to describe the association between the different qualitative variables (event, time-loss injuries and muscle fatigue), Chi-square tests were performed on those contingency tables in which 80% of the cells were greater than 5, and Man-Whitney tests were performed between the quantitative (years of using TARS and percentage of using TARS) and qualitative variables (event, time-loss injuries and muscle fatigue) that did not present normality. All the data obtained were transferred to a Microsoft Excel® database, while IBM SPSS Statistics® (version 28.0.1.1) was used for the statistical analysis.

Finally, this study accepted a confidence level of 95%, considering statistically significant results with an associated probability value of $P < 0.05$.

Ethical aspects

The project was approved by the Ethics and Research Committee of the Pontifical Comillas University in June 2023.

Data confidentiality

All the questionnaires were completed on an anonymous and voluntary basis and all data obtained were anonymized in order to keep the information confidential.

All the information was recorded in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki).

The researchers undertook to comply with the Organic Law 3/2018 of December 5 on the Protection of Personal Data and Regulation 2016/679 of the European Parliament and of the Council of April 27, 2016, on the protection of natural persons about the processing of personal data and on the free movement of such data.

Equity, diversity, and inclusion statement

The author group consisted of two men and one woman from different disciplines (sports orthopaedics, sports medicine and physiotherapy) who are junior (first autor), mid-career (third autor) and senior (second autor) researchers; however, all members of the author group are from one country (Spain).

Our study population included both male and female athletes from different socioeconomic backgrounds of a developed country participating in international athletics championships; thus, findings may not be generalizable to settings with fewer resources. The influence of gendered environments on injury is considered in the discussion.

Results

Descriptive results

The study was carried out between June and August 2023. The questionnaire was completed by 221 Spanish athletes, out of which 105 (47.5%) were female, with an average age of 22.66 ± 4.9 years and a body mass index (BMI) of 19.70 ± 4.53; and 116 (52.5%) were male, with an average age of 21.88± 4.45 and a BMI of 20.8 ± 5.12.

The distribution by age categories was: 76 (34.4%) athletes competed in the U20 category, 73 (33%) in the U23 and 72 (32.6%) in the absolute category.

The distribution by event was: 70 (31.7%) sprint and relays, 37 (16.7%) long distance and marathon, 24 (10.9%) middle distance, 21 (9.5%) race walking, 21 (9.5%) long and triple jump, 15 (6.8%) throwing, 13 (5.9%) high jump and pole vault, 13 (5.9%) hurdles and 7 (3.2%) multiple events.

Regarding the use of TARS, 184 (83.3%) athletes claimed to use them. 157 (71%) used TARS in both competition and training, 14 (6.3%) used them only for competition, and 10 (4.5%) only for training. The data on the use of TARS, years of use and percentage of use (kilometres or hours of training performed with TARS over the total kilometres or hours trained) by event are shown in Table 1.

As regards subjective sensations perceived by athletes in relation to muscle fatigue and muscle recovery using TARS (n = 184); 49 (26.6%) athletes stated that they did not feel any change; 67 (36.4%) perceived less muscle fatigue; while 68 (37%) claimed to feel greater fatigue and poor muscle recovery after using TARS. The distribution by event and muscular group are in Figure 1.

Table 1. Number of athletes use TARS by event groups (n = 221).

	Use of TARS n (%)	Years of use	Percentage of use (%)
Sprints	69 (98.57)	1.66 ± 0.70	28.8
Middle Distance	23 (95.83)	2.58 ± 1.01	29.04
Long Distance	37 (100)	2.46 ± 0.97	25.57
Long/Triple Jump	15 (71.42)	1.17 ± 0.85	21.38
High/Pole Jump	5 (38.46)	0.46 ± 0.66	12.38
Hurdle	12 (92.3)	1.46 ± 0.66	23.08
Throwing	0 (0)	0	0
Walking	16 (76.19)	1.19 ± 1.23	39.19
Multiple Events	7 (100)	1.57 ± 0.53	25.43
Total	184 (83.3)	1.93 ± 0.88	30.27

Use of TARS n (%): numer of athletes by event that stated use TARS; Years of use (y SD): mean of years using TARS by event; Percentage of use (%): kilometres or hours of training performed with TARS over the total kilometres or hours trained by event group.

To the question of time-loss injuries (n = 221) (Figure 2), 116 (52.5%) athletes confirmed not to have suffered injuries during the last two years, while 105 (47.5%) had. Of them, 45 (20.3%) suffered injuries that affected the hamstrings, most of them muscle tears and tendinopathy, although 2 (0.9%) athletes had a complete rupture of the proximal hamstring tendon. 20 (9.2%) suffered time-loss injuries affecting the knee extensor compartment (patellar tendinopathy, patellofemoral syndrome and rectus femoris muscle tear), 15 (6.8%) affecting the calf (Achilles tendinopathies or soleus tears) and 14 (6.4%) affecting the foot, mostly plantar fasciitis, although 3 (1.36%) athletes had a stress bone fracture in the metatarsal bones. Finally, 10 (4.5%) had time-loss injuries related to back, 6 (2.7%) suffered pelvic pain (dynamic osteopathy of the pubis and adductor muscle tear) and 5 (2.3%) other time-loss injuries.

Associations between use of TARS and reported muscle fatigue and injuries

Regarding the association between the percentage of use of TARS and years of use, it has been observed that muscle fatigue in athletes is greater the more use and the more years of use (U = 1684, P <0.001 and U = 1137, P <0.01 respectively) (Figure 3 and 4). Likewise, in the association with the appearance of injuries, these are more frequent the higher the percentage of use and the more years of use (U = 4834.50, P < 0.01 and U = 4874.50, P <0.01 respectively), not being found differences between diagnoses (Figure 4 and 5).

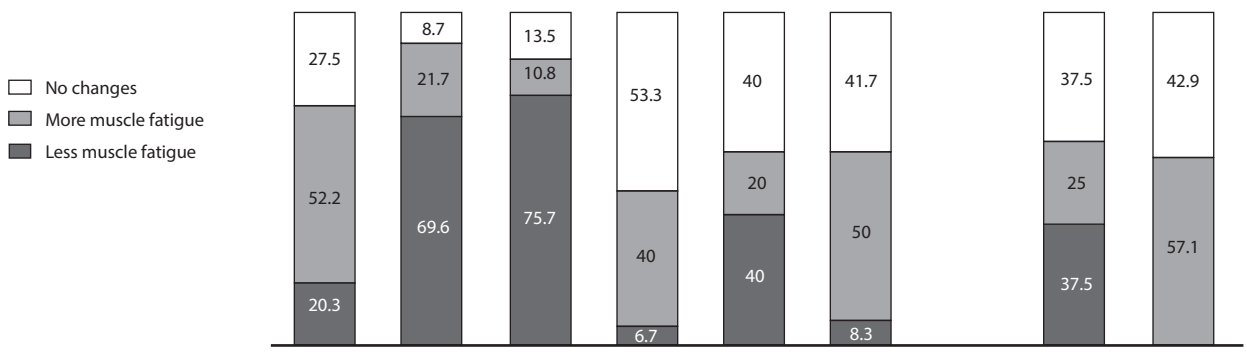
No differences were found by gender or age. However, the ANOVA test revealed that the U20 athletes presented fewer injuries (P <0.05).

Discussion

The main findings of this study are:

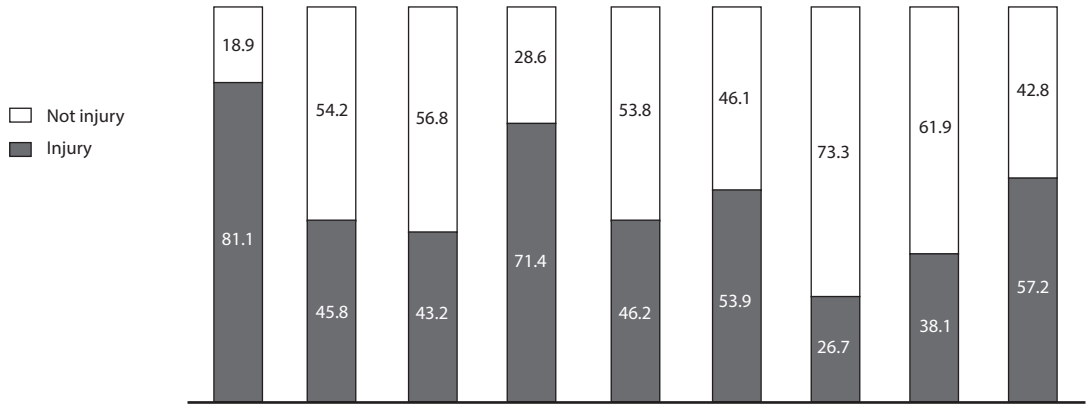
- More than 85% of sprint, middle and long distance, hurdles, multiple events and race-walking athletes of the sample use TARS. About two thirds of long and triple jump athletes use TARS and about one third of high jump and pole vault athletes use them. No throwers use TARS.

Figure 1. Distribution by event group of variations in muscle fatigue and muscle recovery perceived by athletes that use TARS (n=184).



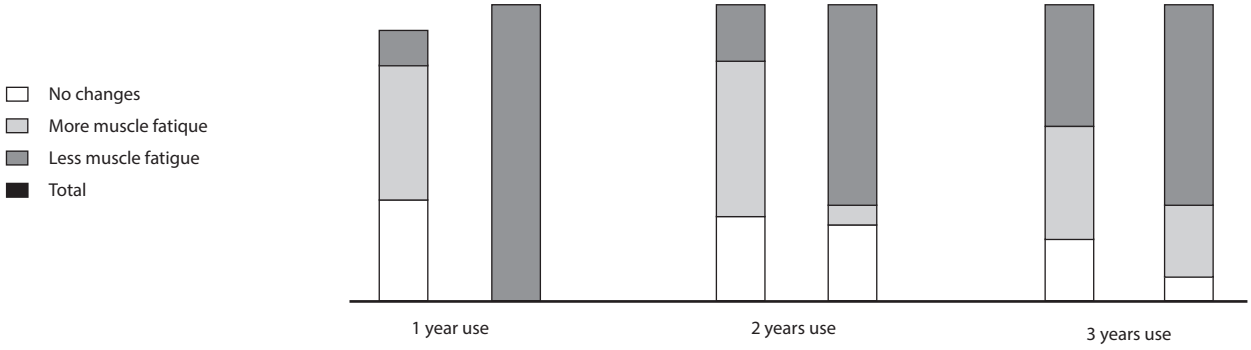
	Sprints	Midle distance	Long distance	Long/ Triple jump	High/ Pole jump	Hurdles	Throwing	Walking	Multiple Events	Total
No changes	19 (27.5)	2 (8.7)	5 (13.5)	8 (53.3)	2 (40)	5 (41.7)	0 (0)	6 (37.5)	3 (42.9)	50 (27.2)
More muscle fatigue	14 (21.3)	1 (4.3)		0	0	3 (24.9)	0	1 (6.3)	0	19 (10.3)
More gastrocnemius fatigue	8 (11.6)	1 (4.3)	1 (2.7)	6 (40)	1 (20)	1 (8.3)	0	1 (6.3)	3 (42.9)	22 (12)
More hamstring fatigue	15 (21.7)	3 (13)	3 (8.2)	0	0	2 (16.7)	0	2 (12.5)	1 (14.2)	26 (14.1)
Less muscle fatigue	9 (13)	11 (47.8)	21 (56.7)	1 (6.7)	1 (20)	0	0	6 (37.6)	0	49 (26.6)
Less gastrocnemius fatigue	4 (5.8)	5 (21.7)	7 (18.9)	0	1 (20)	1 (8.3)	0	0	0	18 (9.8)
Total	69 (100)	23 (100)	37 (100)	15 (100)	5 (100)	12 (100)	0 (0)	16 (100)	7 (100)	184 (100)

Figure 2. Distribution by event group of time-loss injuries (n=221).



	Sprints	Midle distance	Long distance	Long/ Triple jump	High/ Pole jump	Hurdles	Throwing	Walking	Multiple Events	Total
Not injury	26 (18.9)	23 (54.2)	21 (56.8)	6 (28.6)	7 (53.8)	6 (46.1)	11 (73.3)	13 (61.9)	3 (42.8)	116 (52.48)
Calf injury	6 (11.5)	3 (12.6)	2 (5.4)	5 (23.8)	0	2 (15.4)	0	2 (9.5)	0	20 (9.05)
Lumbar and pelvic injury	5 (8.7)	1 (4.2)	3 (8.1)	0	2 (15.4)	1 (7.7)	3 (20)	1 (4.8)	0	16 (7.24)
Foot injury	7 (11.5)	0 (0)	4 (10.8)	1 (4.8)	1 (7.7)	0	0	0	1 (14.3)	14 (6.33)
Extensor patellar injury	3 (5.8)	1 (4.2)	3 (8.1)	5 (23.8)	2 (15.4)	2 (15.4)	1 (6.7)	2 (9.5)	1 (14.3)	20 (9.05)
Hamstring injury	23 (43.6)	6 (24.8)	4 (10.8)	4 (19)	1 (7.7)	2 (15.4)	0	3 (14.3)	2 (28.6)	45 (20.36)
Total	70 (100)	24 (100)	37 (100)	21 (100)	13 (100)	13 (100)	15 (100)	21 (100)	7 (100)	221 (100)

Figure 3. Distribution of muscle fatigue perceived by event groups (sprint and hurdles on the one side and middle and long distance on the other side) at first, second and third year of using TARS.



	Sprints and Hurdles	Middle and long distance
Total	31 (100)	5 (100)
Less muscle fatigue	3 (9.7)	5 (100)
More muscle fatigue	17 (45.8)	0
No changes	11 (35.5)	0

Sprints and Hurdles	Middle and long distance
41 (100)	20 (100)
8 (19.5)	14 (70)
22 (53.7)	1 (5)
11 (26.8)	5 (25)

Sprints and Hurdles	Middle and long distance
5 (100)	24 (100)
2 (40)	16 (66.7)
2 (40)	6 (25)
1 (20)	2 (8.3)

Figure 4. Distribution of muscle fatigue and time-loss injuries regard percentage of use (%) by event groups (sprint and hurdles on the one side and middle and long distance on the other side).

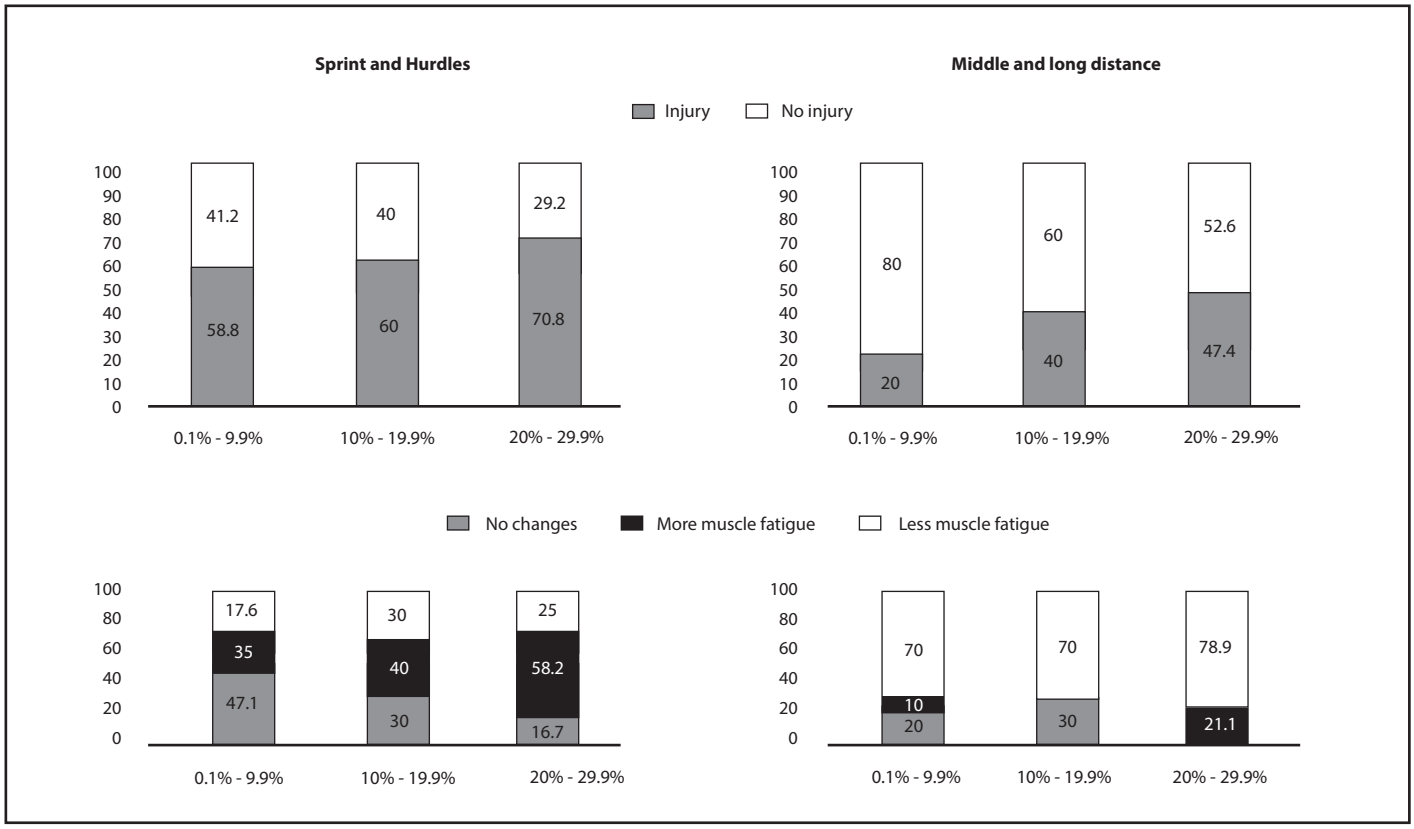
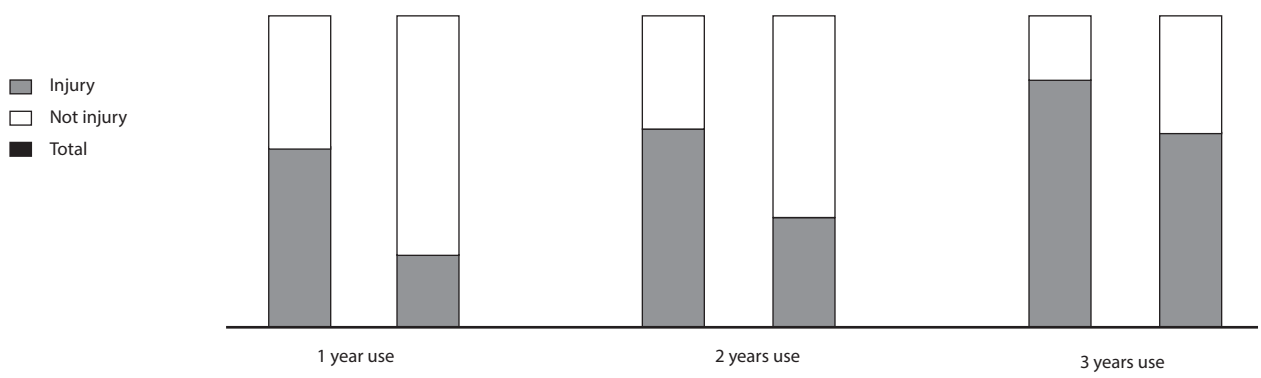


Figure 5. Distribution of time-loss injuries by event groups (sprint and hurdles on the one side and middle and long distance on the other side) at first, second and third year of using TARS.



	Sprints and Hurdles	Middle and long distance
Total	31 (100)	5 (100)
Not injury	13 (41.9)	4 (80)
Injury	18 (58.1)	1 (20)

Sprints and Hurdles	Middle and long distance
41 (100)	20 (100)
15 (36.6)	13 (65)
26 (63.4)	7 (35)

Sprints and Hurdles	Middle and long distance
5 (100)	24 (100)
1 (20)	9 (37.5)
4 (80)	15 (62.5)

- Most athletes use TARS for both training and competition and use them between 20-40% of their total weekly accumulated kilometres or weekly accumulated training hours.
- Middle and long distance athletes are the ones who have been using them for the longest time (more than two and a half years).
- More than two thirds of middle and long distance athletes accumulate less muscle fatigue with its use (specifically in gastrocnemius), while more than half of the sprint and multiple events athletes accumulate greater muscle fatigue (sprints at hamstrings and multiple events at gastrocnemius).
- Time of use, both in years and percentage of use, is associated with greater accumulated muscle fatigue and a greater presence of time-loss injuries.

As far as researchers of this study know, this paper is the first epidemiological study on the use of TARS in high-level athletes. Since the launch of the first TARS in 2016, its use has expanded both in middle and long distance runners, and in sprinters and jumpers; as well as in high level and popular athletes, but we did not know exactly how and since when[8,13].

Most articles published on TARS are biomechanical studies in long-distance runners[11]. There is a certain consensus about them regarding the biomechanical advantages they provide in the ankle and metatarsophalangeal joint, the reduction in running economy and the more favourable function of medial gastrocnemius[17]. This supports the results of our study that middle and long distance athletes feel less muscle fatigue (many of them pointing to gastrocnemius) with a better muscle recovery. However, the rest of the athletes do not agree with these results, on the contrary, they report greater muscle fatigue with its use (specifically in the hamstrings). The explanation provided by this research is that TARS have been designed for long-distance athletes; however, they do not provide the same advantages to sprinters, jumpers and walkers due to the biomechanical differences in the way this latter group runs[18].

In relation to the possible association with the use of TARS and the appearance of injuries, only Tenderfore et al. published a series of cases that related its use to navicular stress bone fracture[10]. This study does not report any. Three cases of stress bone fracture in the foot have been reported (one fracture of third metatarsal in a male sprinter who used TARS and two stress bone fractures of the second metatarsal in a female high jumper and female long distance runner who used TARS), which represents 1.6% of athletes using TARS. In this way, we do not consider that a relationship can be established with the navicular stress bone fracture nor with metatarsals, since the frequency of appearance in our sample is similar to others previously published[19,20].

According to this study, greater use of TARS, both in years and percentage of kilometres and hours of training accumulated with TARS, is related to a greater accumulated muscle fatigue and a greater presence of time-loss injuries. This is in relation to the hypothesis stated by Hoenig et al for injury prevention consisting of limiting its use for selected competitions and training[2]. The distribution of injuries per event is similar to comparable studies prior to the launch of TARS[21,22] although the increase in injuries recorded in sprints and hurdles stands out.

Limitations

Several potential limitations should be acknowledged when interpretating the results of this study. First, there is a selection bias since only athletes able to compete in the international championships, that is, healthy and in good physical condition, filled out the questionnaire. We believe that such circumstance may understate injury data.

Second, self-reported data might provide a limited description of time-loss injuries, so some diagnoses and locations may not be accurate.

Third, the study is retrospective, so it could represent a recall bias. Future prospective studies would be necessary to establish more solid conclusions in the association of TARS and injuries.

Fourth, TARS is a concept that encompasses a wide variety of athletics shoes from different brands with differences in terms of the shape of the FCP, cushioning material and height of the sole, fundamentally. This can lead to differences in the distribution of muscle fatigue and injuries depending on the brand of shoes. This paper has not registered the different brands of TARS used.

Conclusions

More than 85% of sprint, middle and long distance, hurdles, multiple events and race-walking athletes use TARS.

More than two thirds of middle and long distance athletes accumulate less muscle fatigue with its use, while more than half of the sprint, hurdles and multiple events athletes accumulate greater muscle fatigue.

Time of use, both in years and percentage of use, could be associated with a greater accumulated muscle fatigue and a greater presence of time-loss injuries.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit-sectors.

Conflict of interest

Authors report no conflict of interest.

Bibliography

1. Senefeld JW, Haischer MH, Jones AM, *et al.* Technological advances in elite marathon performance. *J Appl Physiol.* 1985;130:2002-2008.
2. Hoenig T, Saxena A, Rice HM, Hollander K, Tenforde AS. Navigating the challenges and opportunities with 'super shoes': Balancing performance gains with injury risk. *Br J Sports Med.* 2023.
3. Burns GT, Tam N. Is it the shoes? A simple proposal for regulating footwear in road running. *Br J Sports Med.* 2020;54:439-440.
4. Hoogkamer W, Kipp S, Kram R. The biomechanics of competitive male runners in three marathon racing shoes: A randomized crossover study. *Sports Med.* 2019;49:133-43.
5. Roy JR, Stefanyshyn DJ. Shoe midsole longitudinal bending stiffness and running economy, joint energy, and EMG. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:562-9.
6. Nigg BM, Cigoja S, Nigg SR. Effects of running shoe construction on performance in long distance running. *Footwear Science.* 2020;12:133-8.
7. Tung KD, Franz JR, Kram R. A test of the metabolic cost of cushioning hypothesis during unshod and shod running. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46:324-9.

8. Muniz-Pardos B, Sutehall S, Angeloudis K, Guppy FM, Bosch A, Pitsiladis Y. Recent improvements in marathon run times are likely technological, not physiological. *Sports Med.* 2021;51:371-8.
9. World Athletics. Book of rules, official documents. www.worldathletics.org Web site. https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/book-of-rules. Updated 2023. Accessed Sep 28, 2023.
10. Tenforde A, Hoenig T, Saxena A, Hollander K. Bone stress injuries in runners using carbon fiber plate footwear. *Sports Med.* 2023;53:1499-505.
11. Cigoja S, Firminger CR, Asmussen MJ, Fletcher JR, Edwards WB, Nigg BM. Does increased midsole bending stiffness of sport shoes redistribute lower limb joint work during running? *J Sci Med Sport.* 2019;22:1272-7.
12. Cigoja S, Fletcher JR, Nigg BM. Can changes in midsole bending stiffness of shoes affect the onset of joint work redistribution during a prolonged run? *J Sport Health Sci.* 2022;11:293-302.
13. Nigg BM, Cigoja S, Nigg SR. Teeter-totter effect: A new mechanism to understand shoe-related improvements in long-distance running. *Br J Sports Med*. 2021;55:462-463.
14. Whiting CS, Hoogkamer W, Kram R. Metabolic cost of level, uphill, and downhill running in highly cushioned shoes with carbon-fiber plates. *J Sport Health Sci.* 2022;11:303-8.
15. Hoogkamer W, Kipp S, Frank JH, Farina EM, Luo G, Kram R. A comparison of the energetic cost of running in marathon racing shoes. *Sports Med.* 2018;48:1009-19.
16. Hébert-Losier K, Finlayson SJ, Driller MW, Dubois B, Esculier J, Beaven CM. Metabolic and performance responses of male runners wearing 3 types of footwear: Nike vaporfly 4%, saucony endorphin racing flats, and their own shoes. *J Sport Health Sci.* 2022;11:275-84.
17. Rodrigo-Carranza V, González-Mohíno F, Santos-Concejero J, González-Ravé JM. Impact of advanced footwear technology on elite men's in the evolution of road race performance. *J Sports Sci.* 2022;40:2661-8.
18. Wilkie E, Bertschy M, Albert WJ, Hoogkamer W. Technological advances in track spike design facilitate enhanced running performance. *Footwear Science*. 2023;15:S66-S67.
19. Snyder RA, Koester MC, Dunn WR. Epidemiology of stress fractures. *Clin Sports Med.* 2006;25:37-52, viii.
20. Ridge ST, Johnson AW, Mitchell UH, Hunter I, Robinson E, *et al*. Foot bone marrow edema after a 10-wk transition to minimalist running shoes. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45:1363-8.
21. Alonso JM, Jacobsson J, Timpka T, Ronsen O, Kajenienne A, Dahlström Ö, *et al.* Preparticipation injury complaint is a risk factor for injury: A prospective study of the moscow 2013 IAAF championships. *Br J Sports Med.* 2015;49:1118-24.
22. Hopkins C, Williams J, Rauh MJ, Zhang L. Epidemiology of NCAA track and field injuries from 2010 to 2014. *Orthop J Sports Med*. 2022;10:23259671211068079.

Core stability exercises on pain, lumbar and abdominal resistance in patients with brucellosis. Pilot study

Leila Rezaei[1], Hoseyn Fatolahi[2], Mehdi Taghva[1], Mobina Aghajani[3], Martin Hofmeister[4], Ángela Molina Fresno[5], Marina Seco Casares[6], Gema Santamaría[7], Diego Fernández-Lázaro[8,9,*,#], Mohammad Ali Azarbayjani[1,#]

[1]Department of Exercise Physiology. Central Tehran Branch. Islamic Azad University. Tehran. Iran. [2]Department of Physical Education. Pardis Branch. Islamic Azad University. Pardis. Iran. [3]Department of Exercise Physiology. Faculty of Sport Sciences. University of Mazandaran, Babolsar. Iran. [4]Department Food and Nutrition. Consumer Centre of the German Federal State of Bavaria. Munich. Germany. [5]Faculty of Chemistry. Rovira i Virgili University. Tarragona. Spain. [6]Nursing Department. León University Assistance Complex (CAULE). Hospital of León. León. Spain. [7]Department of Anatomy and Radiology. Faculty of Health Sciences. University of Valladolid. Campus of Soria. Soria. Spain. [8]Department of Cellular Biology, Genetic, Histology and Pharmacology. Faculty of Health Sciences. University of Valladolid. Campus of Soria Soria. Spain. [9]Neurobiology Research Group. Faculty of Medicine. University of Valladolid. Valladolid. Spain. [#]These authors share senior authorship.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00197

Recibido: 17/10/2024
Aceptado: 25/12/2024

Summary

Introduction: Brucellosis is a zoonotic intracellular bacterial infection, whose most frequent complications are low back and abdominal pain. In addition, antibiotic therapy against *Brucella* has side effects that can exacerbate muscular pain in the lumbar area causing a deterioration of mobility and function of the lower extremities. For all these reasons, non-pharmacological interventions through therapeutic exercise are necessary to mitigate them. Our study has evaluated the effects of exercise on pain and resistance of the lumbar and abdominal musculature in patients with brucellosis.
Material and method: A prospective, randomized, single-blind clinical trial followed the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) norms. After the screening, 24 patients with brucellosis were randomized to a core stabilization exercise training (CSE) group (n = 15) of the multifidus and transverse abdominal muscles (2 weeks / 3 sessions /10 minutes/day) and a control group (CON) (n = 9) with no training. Pre- and post-CSE testing included endurance of the lumbar and abdominal musculature, using the modified Biering-Sørensen test and abdominal crunch tests. In addition, the visual analog scale (VAS) was used to measure perceived pain in brucellosis patients.
Results: The resistance of the abdominal and lumbar musculature increased significantly ($P = 0.001$) in the CSE group after 2 weeks of training at the baseline and to the CON. In addition, VAS decreased significantly ($P = 0.001$) in the CSE group with respect to the CON.
Conclusion: Our results could indicate that a CSE training program significantly improves the resistance of the lumbar and abdominal musculature and decreases the perception of pain in patients with brucellosis. Therefore, it would be appropriate to recommend CSE protocols during recovery from *Brucella* infection.

Key words:
Brucella. Low back pain. Core stabilization exercise.

Ejercicios del *core* sobre dolor, resistencia lumbar y abdominal en pacientes con brucelosis. Estudio piloto

Resumen

Introducción: La brucelosis es una zoonosis bacteriana intracelular, cuyas complicaciones más frecuentes son el dolor lumbar y abdominal. Además, la terapia antibiótica contra la *Brucella* puede exacerbarlo provocando un deterioro de la movilidad y la función en las extremidades inferiores. En consecuencia, es necesario intervenciones no farmacológicas mediante ejercicios de estabilización de la zona central del cuerpo (*core*) (CSE) que implican el fortalecimiento de los músculos profundos lumbares y abdomen, que proporcionan soporte y estabilidad a la columna vertebral. Nuestro estudio ha evaluado los efectos de CSE sobre el dolor y la resistencia del *core* en pacientes con brucelosis.
Material y método: Se ha realizado un ensayo clínico prospectivo, aleatorizado y simple ciego siguiendo las normas *Consolidated Standards of Reporting Trials* (CONSORT). Tras un cribado, 24 pacientes con brucelosis se distribuyeron aleatoriamente a un grupo de entrenamiento de CSE (n = 15) de los músculos multífidos y transverso abdominal (2 semanas / 3 sesiones /10 minutos/día) y un grupo control (CON) (n = 9) sin entrenamiento. Las pruebas previas y posteriores al CSE incluyeron resistencia de la musculatura lumbar y abdominal, mediante las pruebas modificada de *Biering-Sørensen* y de abdominales. Además, se utilizó la escala visual analógica (VAS) para medir el dolor percibido en los pacientes con brucelosis.
Resultados: La resistencia de la musculatura abdominal y lumbar aumentó significativamente (p = 0,001) en el grupo CSE tras 2 semanas de entrenamiento con respecto al inicio del estudio y también frente al CON. Además, VAS disminuyó significativamente (p = 0,001) en el grupo CSE con respecto al CON.
Conclusión: Nuestros resultados podrían indicar que un programa de CSE mejora significativamente la resistencia de la musculatura lumbar y abdominal y disminuye la percepción de dolor en pacientes con brucelosis. Por tanto, sería es adecuado recomendar protocolos de CSE durante la recuperación de la infección por *Brucella*.

Palabras clave:
Brucella. Dolor lumbar. Ejercicios de estabilización del *core*.

Accésit a la mejor comunicación oral de las Jornadas Nacionales de Medicina del Deporte de 2024

Correspondence: Diego Fernández-Lázaro
E-mail: diego.fernandez.lazaro@uva.es

Introduction

Brucellosis is a zoonotic intracellular bacterial infection caused by nonmotile aerobic Gram-negative coccobacillus of the genus *Brucella*. Three classic species (*B. mellitensis, B. abortus,* and *B. suis*) responsible for human brucellosis are recognized, with specificity of animal species, geographical distribution, and pathogenic peculiarities[1]. Humans generally acquire the disease through direct contact with infected animals, by eating or drinking contaminated animal products such as unpasteurized dairy products, or by inhaling airborne agents[2]. Brucellosis infection can affect any body part, including the reproductive system, liver, heart, and central nervous system[3]. Symptoms of Brucellosis typically include typhoid fever, muscle pain and fever, swelling of the knee or pelvis in children, or chronic fever with back and pelvic pain in adults[3]. Approximately 50% of patients with Brucellosis present episodes of lumbar or pelvic-abdominal pain[4]. Low back pain (LBP) has been considered a predictor of local impairment, among other factors[5]. Kuruoglu, *et al.*[6] recently reported that the risk of clinical progression and complications could be predicted by the presence of symptoms such as myalgia or low back pain in *Brucella*-infected patients.

Brucellosis treatment usually lasts several months, requiring 2 antibiotics (doxycycline or trimethoprim/sulfamethoxazole (TMP/SMX) plus gentamicin, streptomycin, or rifampicin)[7]. Antibiotic treatment has serious side effects, including those resulting in death, prolonged hospitalization, discontinuation of therapy, or persistent or significant long-term disability, and minor adverse reactions, such as gastrointestinal upset, central nervous system events, hepatotoxicity, nephrotoxicity, ototoxicity or dermatitis[7]. These side effects may exacerbate complications related to local episodes of joint, muscle, and LBP, potentially leading to impaired mobility and function of the lower extremities, particularly in women[8].

Thus, patients with brucellosis need to enhance muscular endurance and strength more than healthy people because *Brucella* disease implies a progressive and symmetrical muscle loss of strength for both extremities, with subsequent inability to move[9]. Consequently, public health professionals are making great efforts to combat physical inactivity-related diseases, although without yet significantly increasing physical activity levels and behavioral changes in these patients[10].

Therefore, planning an effective sports medicine rehabilitation involves addressing in a comprehensive manner exercises beneficial for LBP, through core stability training to increase strength and subsequently muscular and spine endurance[11]. These exercises are defined as the ability to control the position of the trunk on the pelvis for efficient production and transfer of force to the distal parts of the body during exercise[12]. The muscles in this anatomic area include some of the trunk and thigh muscles responsible for maintaining the stability of the spine and pelvis, which are crucial for transferring energy from the trunk to the upper and lower extremities[13] core muscle stability is a crucial component of any large-scale motor activity[14], the importance of which has also been recognized by researchers in the etiology and treatment of musculoskeletal injuries[15]. Due to the nature of brucellosis, the seemingly optimal approach is to identify and design programs that reduce the acute symptoms of the disease and improve motor abilities[16]. However, more than one symptom in patients with *Brucella* must be considered, which requires a thorough evaluation and a specific sports medicine rehabilitation program that involves benefits on the spine[17]. In this way, core stabilization protocols are ideal for balance improvement[18], individuals with problems in the lower extremity[19], inactive elderly individuals[20], women with multiple sclerosis[21], LBP alleviation[22], and sports injury prevention[23]. Thus, core exercises strengthen the musculature provide stability to the spine and show promising outcomes[15]. In this sense, these findings could relate specifically to brucellosis patients, as core stabilization exercises (CSE) could reduce the amount of pain and muscle weakness during hospitalization and decrease the use of drugs and treatment time.

To our knowledge, no therapeutic physical exercise programs, using sports medicine rehabilitation criteria, in patients with *Brucella* can help alleviate the fatigue, acute pain, and muscle weakness that most patients experience[22]. For all the above, the use of core stability training protocols can be effective in strengthening the core muscles and reducing pain in patients with brucellosis. Our research aimed to find out whether the application of a CSE-based rehabilitative sports medicine treatment approach on the lumbar and abdominal muscles in patients with LBP by *Brucella* infection, conducted at Valiars Hospital in Zanjan (Iran), results in an improvement in physical parameters.

Material and method

Study design

A single-center randomized clinical trial was conducted at Valiars Hospital in Zajan (Iran). The study was reported according to CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials) updated guidelines for reporting parallel group randomized trials[24] and approved by the Ethics Committee of Zanjan University of Medical Sciences (IR.ZUMS.REC.1398.093). This project was prospectively registered at https://www.irct.ir/trial/38104 (IRCT20190225042842N1) and all subjects provided written informed consent after participants were presented with full explanations of the study's objectives and treatment protocol, following the Declaration of Helsinki and the 2013 Fortaleza revision[25].

Patients

Twenty-four participants aged between 36 and 40 years old with brucellosis were enrolled in this study. The reason for choosing the age range of the patients was chosen based on the statistics of those who referred to this medical center. Furthermore, *Brucella* can affect anyone regardless of age and the patient's age does not seem to be related to the consequences of the pathology. Participants were randomized and assigned to 2 groups: the core stabilization exercise (CSE) group, and the control (CON) group, according to the date of entry into the study using a system of balls that were placed in a lottery container and then randomly removed from the container without replacement to record the resulting sequence. The assignment was performed by an independent researcher who was not involved in other experimental procedures.

The sample size was selected by reference to previous studies[20–23] and the available patients, given the preliminary and innovative nature of the plan based on the use of rehabilitation sports medicine exercises.

The participants were volunteers from patients admitted to the infectious diseases department of Valiasr Hospital in Zanjan (Valiasr Hospital, Zanjan, Iran) whose disease was diagnosed in the first six months of 2019, according to the guidelines for combating brucellosis[26]. It is worth noting that all hospital measures concerning hospitalization conditions for the prevention of COVID-19 were observed and in case of severe lumbar pain, simple oral analgesics such as acetaminophen were administered. All patients started on the same antibiotic treatment regimen and used the same analgesics when required. Antibiotic and analgesic therapy was prescribed and supervised by the responsible physician.

Inclusion / exclusion criteria

The participants were selected according to the following inclusion criteria: adults (males and females) aged 18-71 (age range of patients who attended Valiars Hospital in Zanjan (Iran), presenting clinical symptoms consistent with brucellosis, a Wright test titer greater than 1:160, a 2ME test (2-mercaptoethanol *Brucella* agglutination test) titer greater than 1:40, acute LBP, lack of professional physical activity during the past 2 years, no other infectious diseases, and proper diet. The exclusion criteria comprised a history of pelvic and spinal cord surgery, cancer, history of fractures and discopathy in the spine, known renal, hepatic, pulmonary, and/or cardiac diseases, severe neurological diseases, and consumption of alcohol and/or narcotics and/or psychotropic drugs.

Core stabilization exercises protocol

Core stabilization exercises protocol was designed based on the principles of sports medicine rehabilitation techniques. Exercises were performed for 10 minutes (min) in the morning, at noon, and at night. All movements had to be performed ten times in a painless area. The exercises were performed as follows[27]:

After collecting pre-test data, the experimental group underwent core muscle stabilization training for 2 weeks while hospitalized. These exercises were performed under the supervision of a sports medicine expert and a physical education expert in 3 sessions of 10 min per day. A warm-up phase (consisting of light power stretching) was performed at the beginning of each treatment session. The principle of overload in each exercise was considered and determined concerning the correct performance and pressure of the exercise in the previous session. The main emphasis was on the multifidus and transverse abdominal muscles, essential for proper load balance within the spine, pelvis, and kinetic chain. The study procedures are represented in Table 1.

Outcome measures

Physical parameters

In the pre-test and post-test, the Sørensen test and sit-up tests were used, respectively, to measure lumbar and abdominal muscle endurance. To evaluate the stiffness of the back muscles, the modified Biering-Sørensen test of Static Muscular Endurance (BSME)[28] was used.

The time that the subject could maintain the horizontal position was recorded. When the horizontal position of the body was disturbed or the subject grabbed the bench with his hands, the stopwatch time was stopped and the duration of maintaining the position was recorded as the endurance score of the spinal extensor muscles in the information registration form. The pre-test and post-tests were recorded. The internal reliability of this test was reported as an intraclass correlation coefficient (ICC) = 0.97 for healthy individuals and ICC = 0.97 for patients suffering from back pain[29]. The patients were hospitalized under medical control and trained under the supervision of a sports medicine physician.

Perceptual pain

The Visual Analogue Scale (VAS) questionnaire[30] was used to assess participants' pain perception. This scale measures pain intensity using a poster the length of a 50 cm ruler with the word "painless" at the left end and "the most severe pain" at the right end. Over the past 48 h, the individuals estimated their pain levels on a continuum scaled from 0 to 10. In a previous study[31], Cronbach's alpha coefficient, the sum of reliability of test-retest scores, and the inter-rater reliability were 0.91, 0.89, and 0.90, respectively, for this questionnaire.

Table 1. The treatment protocol was performed by the core stabilization exercise (CSE) group and control group (CON).

Groups	Procedures
CON	**Routine antibiotic treatment** Rifampicin, doxycycline, tetracycline, gentamicin, trimethoprim/sulfamethoxazole
CSE	**Same antibiotic protocol as the control group plus CSE** • In the recumbent position, close each leg to the abdomen with the hands and maintain the stretch for six seconds. • In a recumbent position with a hands-on chest, the legs should shuttle in tandem with each other 10 times. • With the help of hands and feet, lift the waist and hips and continue for 6 s. • Horse position: Maintain lumbar contraction for six seconds. • Cat position: Maintain abdominal contraction for six seconds. • In the prone position with elbows resting on the ground, lift the head and chest and hold for six seconds. • Four-legged position. Contract the abdomen and attach the waist to the ground. Hold this position for 6 s.

CSE: Core stabilization exercise; CON: Control group.

Statistical analysis

All data in the figures and table represent the mean and standard deviation. The Shapiro-Wilk test was used to determine the normality of data. Descriptive statistics, and independent sample t-test, were used to analyze participant characteristics. Within group comparisons of all data were analyzed using the paired t-test. Between-group comparisons were calculated using analysis of covariance (ANCOVA) for adjusting the baseline data. Data analysis was performed using SPSS version 20 software (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) at a significance level of $P \leq 0.05$.

Results

Sample and characteristics

A total of 84 participants were assessed for eligibility by the infectious diseases department of Valiasr Hospital in Zanjan. 38 patients were excluded from participating; 24 of these were unwilling to participate and another 14 did not meet the other inclusion criteria. Eight patients in the CSE group and 14 patients in the CON group dropped out. The remaining 34 subjects completed the study without incident (Figure 1).

The demographic data of this study are shown in Table 2. There was not statistically significant ($P < 0.05$) difference in age (years), Height (Cm), Weight (Kg), BMI (Kg/m^2), perceived pain (score), and abdominal and lumbar endurance among the groups.

Pain perception

The participants' pain perception significantly differed between the groups in the post-test (F= 7.58, $P = 0.001$, PES= 0.369). Compared with the pre-test phase, pain perception decreased significantly in the CSE group than CON group after CSE. The mean scores of the pre-test and post-test pain perception did not considerably change in the CON group (Figure 2, panel A).

Abdominal and lumbar muscle endurance

The CSE group significantly increased abdominal muscle endurance (F = 6.36, $P = 0.001$, PES = 0.302). The CSE group led to a significant increase in abdominal muscle endurance compared to the pre-test. In contrast, abdominal muscle endurance remained almost constant at the two stages in the CON group and did not change significantly (Figure 2, panel B).

Lumbar muscle endurance significantly increases in the CSE group compared to the CON group (F = 7.66, $P = 0.001$, PES = 0.158). There was no significant difference between the mean pre-test and post-test in the CON group (Figure 2, panel C).

Figure 1. CONSORT[24] flowchart of participant recruitment and disposition throughout the study.

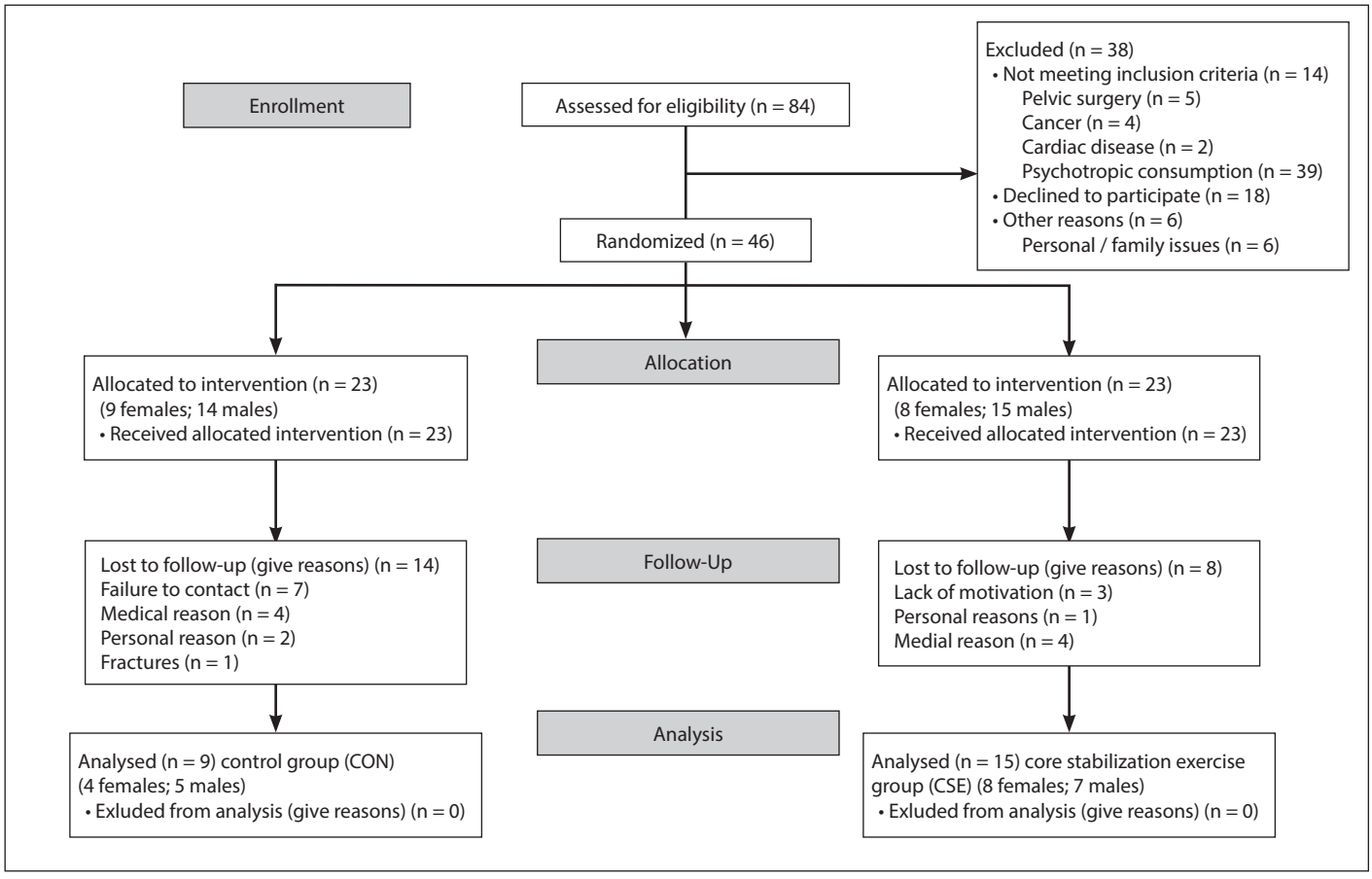


Table 2. Characteristics of enrolled participants.

Characteristics	CSE group (n = 8 females, 7 males)	CON group (n = 4 females, 5 males)
Age (year)	38.11 ± 1.78	37.78 ± 1.38
Height (Cm)	164.65 ± 4.86	162.28 ± 3.44
Weight (Kg)	69.57 ± 2.93	71.32 ± 2.71
BMI (Kg/m^2)	27.78 ± 1.78	26.39 ± 1.89
Perceived pain (score)	8.05 ± 1.44	7.96 ± 1.57
Abdominal endurance (number per minute)	1.78 ± 0.02	1.96 ± 0.13
Lumbar endurance (minutes)	3.56 ± 0.44	3.10 ± 0.51

BMI: Body mass index (calculated as weight in kilograms divided by height in meters squared); CSE: Core stabilization exercises; CON: Control. Data are expressed as the mean ± standard deviation. Note: There were no significant differences (P >0.05) between groups.

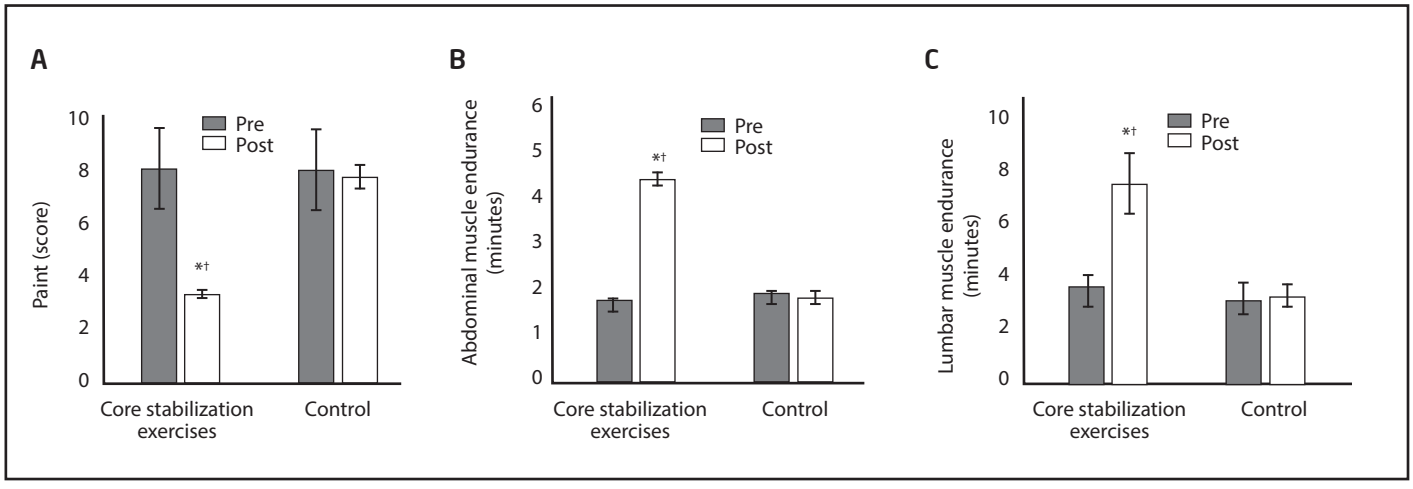
Discussion

The present study aimed to determine the effect of lumbar and abdominal CSE on the pain and endurance of the lumbar and abdominal muscles in patients with brucellosis and acute LBP. The results of the covariance test showed that a period of lumbar core stabilization training had a significantly positive effect on pain reduction and abdominal and lumbar muscle endurance enhancement. These results align with other studies[32–34] that showed that trunk stability exercises effectively increase trunk muscle strength and endurance, reducing pain with superior results to strengthening exercises.

Two weeks were considered for patient treatment and direct access to achieve adequate follow-up after initial treatment and reduction of pain symptoms. This study used exercise as an adjuvant therapeutic aid, and patients have also received clinical treatments at the same time, as in other diseases caused by infections[35]. In addition, this method was implemented as a pilot study for the first time and was supposed to be followed by more accurate studies in the future if minimal effects were observed throughout clinical and pharmacological interventions. However, probably not all pain reduction is due to exercise. Some initial neuromuscular adaptations, such as the coordination of muscle spindles and Golgi tendon organs, can occur through the initial stimulation of the two-week training[36].

Brucellosis can affect almost all organs in the body, and hence complications may develop. Some patients have chronic brucellosis and have symptoms for years, even after treatment, which can lead to skeletal and joint disorders[21]. One of the causes of pelvic and lumbar pain in these patients is the disease itself (*Brucella*), which releases inflammatory agents in the body[3]. The inflammatory response produced by brucellosis will result in the release of platelet-activating factor (PAF), increased expression of phospholipase A2, and rapid formation of reactive oxygen species (ROS). The phosphatidylcholine (PC) of the *Brucella* envelope, having a cyclic fatty acid at C2, is susceptible to hydrolysis by phospholipase A2 and oxidation by ROS, amplifying the inflammatory response, leading to the release of inflammatory mediators such as interleukin (IL)-6, IL-1β, tumor necrosis factor (TNF)-α, and macrophage chemoattractant protein-1[37,38]. In addition, inactivity, lack of exercise, and muscular weakness caused by this disease can exacerbate pelvic and lumbar pain in patients[39]. Complications of the skeletal muscular system include arthritis, spondylitis, osteomyelitis, tenosynovitis, and bursitis, which commonly involve the hip, knee, wrist, shoulder, and lumbosacral joints[40]. The lumbosacral vertebrae are involved in most patients with articular inflammation, leading to lumbar pain that spreads to the feet. In such conditions, immunologic inflammation of the joint spreads to the large and small joints and increases pain. In addition, brucellosis can invade the intra-vertebral disc and lead to adjacent osteomyelitis of the two vertebrae; the lumbar pain of these conditions may extend down to the tibia, resulting in impaired walking[41].

Figure 2. Results of pain, abdominal and lumbar muscle endurance.



The mean difference changes in the perceived pain (panel A), abdominal muscle endurance (Panel B), and lumbar muscle endurance (panel C) after 2 weeks of core muscle stabilization (training and controlled conditions). Analysis of covariance (ANCOVA) for adjusting the baseline data. Data are expressed as the mean ± standard deviation. Abbreviations: Pre: start of study; Post: end of study. Symbols: *: significant difference between groups; †: significant difference between Pre and Post.

As shown by the results of the CSE group, patient pain perception levels were significantly reduced after implementing the designed protocols. Simultaneously, the endurance of their abdominal and lumbar muscles increased significantly compared to the pre-test and the control group. From these results, it can be inferred that the function of the core muscles influences the level of pain and endurance of the lumbar–abdominal muscles. According to Zahedpour, *et al.*[42] core stability training decreased the mean intensity of low back pain in postpartum women (as measured by VAS and Quebec Back Pain Questionnaire) by 72.8% and 74.2%, respectively, whereas the control group reported a 1.8% and 1.6% increase in pain, respectively. These results are in line with the evaluation of the effects of health education interventions on promoting knowledge, beliefs, and preventive behaviors in patients with brucellosis. They have shown that training people based on the health belief model (HBM) constructs significantly affects people's knowledge, attitudes, and practices with brucellosis and cancer[43,44], suggesting interventions and programs for people with brucellosis, which have strong theoretical foundations. Perceived self-efficacy is the most crucial construct affecting the health belief model for brucellosis. A significant difference between perceived self-efficacy and the performance of brucellosis patients before and after educational interventions were reported[45].

Prevention of brucellosis may not be possible, but management and control of disease-related complications such as perceived pain and muscle performance can be modified by CSE. Therefore, these findings can be generalized to the efficiency of CSE in the management of brucellosis complications[46]. Therefore, decreased pain perception and improved muscle performance can be generalized to CSE in brucellosis patients. Fatigue in large muscle groups can reduce muscle coordination and function while also affecting postural function and control in individuals. Santos, *et al.*[47] investigated the effect of a core muscle fatigue protocol on the pedaling mechanics of professional cyclists, concluding that core muscular fatigue caused changes in the pedaling mechanics and alignment of the lower extremities. The concept of fatigue has been discussed since the feeling of pain, weakness, and fatigue itself in muscles can be a symptom of brucellosis[48]. Researchers have suggested that increased core muscle stability and endurance could improve lower extremity alignment during daily activities and exercise[47].

Therefore, exercises that enhance endurance and improve their ability to cope with fatigue can be recommended considering the wear and tear possibilities of the core muscles during brucellosis. This method may prevent reductions in extremity function during the disease because decreased lumbar-abdominal muscle endurance and strength are common causes of pain for these patients. Hart, *et al.*[49] observed decreased quadriceps muscle activity following fatigue in the trunk extension muscles in healthy subjects and patients with LBP[49]. Subsequently, Distefano, *et al.*[50], in a review of the effect of core stability exercises on healthy youth balance, reported that core stability exercises were influential in balance performance improvement. The experimental groups performed better after core stabilization exercises than the control group[50]. According to core body strengthening and limb movement theory[51], fatigue in the body's core muscles can lead to reduced motor functions. Therefore, CSE can help reduce the pain and endurance of the lumbar and abdominal muscles associated with spinal and pelvic control.

The results of this study suggest that increased core endurance training should be used in treatment plans for patients with brucellosis to prevent reduced extremity function due to the progressive and symmetrical loss of muscle strength[52]. However, it is worth noting that factors such as depression, anxiety, and stress also affect patient attitudes and physical activity levels[53].

Patients with brucellosis may find it difficult to change their physical activity patterns at the request of others. Therefore, it is crucial to develop effective strategies to increase activity in patient populations. Health-related professionals can often enhance physical mobility in daily patient routines through dual strategies of changing the physical environment around them and providing free quality services. Increasing the health-promoting behaviors of patients with brucellosis is necessary to reduce their health and social costs[54]. The ways and means of effectively promoting physical activity in brucellosis patients still present essential questions, necessitating future research to address these challenges and alter patient physical and behavioral processes[55].

Limitations

This study has some limitations. The protocol was designed to minimize sources of bias; however, given the nature of the intervention, it was not possible to blind the treating therapists and patients. Another limitation is the small number of participants, using the patients available in the Hospital without calculation of the sample size. Likewise, the short intervention period, and the lack of follow-up of the patients after hospital discharge were other limitations of the present study. Furthermore, the cause of low back pain can also be multifactorial and biopsychosocial. For these reasons, it is recommended to interpret the results with caution. Therefore, to accurately understand the effect of CSE, it is suggested to examine the effect of CSE in a larger population of brucellosis patients over a longer period, at least eight weeks with regular follow-up. These future studies could be carried out in non-hospitalized patients in chronic brucellosis periods and even after treatment.

Conclusion

The present study showed that CSE could reduce pain and improve lumbar and abdominal muscle endurance in a patient's brucellosis. Therefore, CSE is recommended alongside identifying other medical orders to increase the quality of life of the brucellosis patient. The value of aggressive surgical and/or antimicrobial therapy in conjunction with a comprehensive rehabilitation program during hospitalization is emphasized in these patients to provide optimal pain management and prevent further disability. Overall, there are few published reports on the exercise outcomes of the brucellosis patient.

Conflicts of interest

All authors declared that there are no conflicts of interest.

Funding

This study has been financed by the Department of Education of the Junta de Castilla-León and the European Regional Development

Fund (FEDER) by TCUE Plan 2024-2027, grant no.067/230003). Principal Investigator Prof. Dr. Fernández-Lázaro D.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Department of Education of the Junta de Castilla - León for funding the study. Also, the authors want to thank the Neurobiology Research Group, Faculty of Medicine of the University of Valladolid for their collaboration. Also, the authors would like to give their gratitude to the volunteers who participated in the study (participants were consented to the acknowledgement).

Institutional Review Board Statement

The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of Zanjan University of Medical Sciences (IR.ZUMS. REC.1398.093). This project was prospectively registered at https://www. irct.ir/trial/38104 (IRCT20190225042842N1).

Informed Consent Statement

Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Bibliography

1. Jamil T, Melzer F, Njeru J, El-Adawy H, Neubauer H, Wareth G. *Brucella* abortus: Current research and future trends. *Curr Clin Micro Rpt*. 2017;4:1-10.
2. Alavi M, Nokhodchi A. Micro- and nanoformulations of antibiotics against *Brucella*. Drug Discovery Today. 2023;28:103809.
3. Zuckerman A. Principles and practice of infectious diseases. *Travel Med Infect Dis.* 2010;8:326.
4. Jin M, Fan Z, Gao R, Li X, Gao Z, Wang Z. Research progress on complications of Brucellosis. *Front Cell Infect Microbiol.* 2023;13:1136674.
5. Copur B, Sayili U. Laboratory and clinical predictors of focal involvement and bacteremia in brucellosis. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2022;41:793-801.
6. Kuruoglu T, Sensoy L, Atilla A, Temocin F, Gur D, Tanyel E. Evaluation of risk factors for the development of bacteremia and complications in patients with brucellosis: Is it possible to predict the clinical course? *J Infect Dev Ctries.* 2023;17:1277–84.
7. Yousefi-Nooraie R, Mortaz-Hejri S, Mehrani M, Sadeghipour P. Antibiotics for treating human brucellosis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;10:CD007179
8. Amarasinghe P, Wadugodapitiya S, Weerasekara I. Biomechanical and clinical relationships between lower back pain and knee osteoarthritis: a systematic review. *Syst Rev.* 2023;12:28.
9. Abuzinadah AR, Milyani HA, Alshareef A, Bamaga AK, Alshehri A, Kurdi ME. Brucellosis causing subacute motor polyradiculopathy and the pathological correlation of pseudomyopathic electromyography: A case report. *Clin Neurophysiol Pract*. 2020;5:130–4.
10. Dhuli K, Naureen Z, Medori MC, Fioretti F, Caruso P, Perrone MA, *et al.* Physical activity for health. *J Prev Med Hyg.* 2022;63:150.
11. Wang XQ, Zheng JJ, Yu ZW, Bi X, Lou SJ, Liu J, *et al.* A meta-analysis of core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *PLoS One*. 2012;7:52082.
12. Khalednejad M, Tavafian SS, Niknami S. The effect of exercise program on low back pain preventive behaviors in pregnant females referred to health centers of Karaj. *J Educ Community Heal.* 2016;3:32–40.
13. Coulombe BJ, Games KE, Neil ER, Eberman LE. Core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *J Athl Train*. 2017;52:71–2.
14. Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Adams DP, González-Bernal JJ, Araque AF, García AC, *et al.* Electromyography: A simple and accessible tool to assess physical performance and health during hypoxia training. A systematic review. *Sustainability.* 2020;12:9137.
15. Smrcina Z, Woelfel S, Burcal C. A systematic review of the effectiveness of core stability exercises in patients with non-specific low back pain. *Int J Sports Phys Ther.* 2022;17:766–74.
16. Ghanbari MK, Gorji HA, Behzadifar M, Sanee N, Mehedi N, Bragazzi NL. One health approach to tackle brucellosis: A systematic review. *Trop Med Health*. 2020;48:86.
17. Fernández-Lázaro D, Hernández-Burgos N, Cobreros Mielgo R, García-Lázaro S. Evaluation of physical activity as a therapeutic adjuvant for patients with inflammatory bowel disease: A review. *Invest Clin*. 2022;63:304–22.
18. Martinez-Amat A, Hita-Contreras F, Lomas-Vega R, Caballero Martinez I, Alvarez PJ, Martínez-Lopez E. Effects of 12-week proprioception training program on postural stability, gait, and balance in older adults: A controlled clinical trial. *J Strength Cond Res.* 2013;27:2180–8.
19. Zohreh N, Khosro J. The effect of eight weeks of core stability and pilates trainings on ankle propioception, postural control, walking performance, self-efficacy and fear of falling in elderly women. *Report of Health Care*. 2018;4:1-13.
20. Borysiuk Z, Konieczny M, Kręcisz K, Pakosz P, Królikowska B. Effect of six-week intervention program on postural stability measures and muscle coactivation in senior-aged women. *Clin Interv Aging*. 2018;13:1701–8.
21. Amiri B, Sahebozamani M, Sedighi B. The effects of 10-week core stability training on balance in women with multiple sclerosis according to Expanded Disability Status Scale: a single-blinded randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2019;55:199–208.
22. Cao B, Fang S, Wu Z, Zhou X, Kong L, Zhu Q, *et al.* Efficacy and safety of traditional Chinese manual therapy (Tuina) in patients with non-specific chronic low back pain: A study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2024;14:081022.
23. Ahmed S, Akter R, Saraswat A, Esht V. Core stability and its impact on upper extremity function in racket sports: A narrative review. *Saudi J Sport Med*. 2019;19:31–7.
24. Kahan BC, Hall SS, Beller EM, Birchenall M, Chan AW, Elbourne D, *et al.* Reporting of factorial randomized trials: Extension of the CONSORT 2010 Statement. *JAMA*. 2023;330:2106–14.
25. Medical AW. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310:2191–4.
26. Jiang H, Feng L, Lu J. Updated guidelines for the diagnosis of human Brucellosis - China, 2019. *China CDC Wkly*. 2020;2:487-9.
27. Kapetanovic A, Jerkovic S, Avdic D. Effect of core stabilization exercises on functional disability in patients with chronic low back pain. *J Heal Sci.* 2016;6:59–66.
28. Johnson OE, Mbada CE, Akosile CO, Agbeja OA. Isometric endurance of the back extensors in school-aged adolescents with and without low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil.*. 2009;;22:205–11.
29. Demoulin C, Vanderthommen M, Duysens C, Crielaard JM. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Jt Bone Spine.* 2006;73:43-50.
30. Delgado DA, Lambert BS, Boutris N, McCulloch PC, Robbins AB, Moreno MR, *et al.* Validation of digital visual analog scale pain scoring with a traditional paper-based visual analog scale in adults. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2018;2:88
31. Dixon JS, Bird HA. Reproducibility along a 10 cm vertical visual analogue scale. *Ann Rheum Dis.* 1981;40:87–9.
32. Hlaing SS, Puntumetakul R, Khine EE, Boucaut R. Effects of core stabilization exercise and strengthening exercise on proprioception, balance, muscle thickness and pain related outcomes in patients with subacute nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22:998.
33. Szafraniec R, Bartkowski J, Kawczyński A. Effects of short-term core stability training on dynamic balance and trunk muscle endurance in novice olympic weightlifters. *J Hum Kinet.* 2020;74:43-50.
34. Sobhy M Aly. Trunk muscles´ response to core stability exercises in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Int J Physiother Res.* 2017;5:1836-45.
35. Fernández-Lázaro D, Santamaría G, Sánchez-Serrano N, Lantarón Caeiro E, Seco-Calvo J. Efficacy of therapeutic exercise in reversing decreased strength, impaired respiratory function, decreased physical fitness, and decreased quality of life caused by the post-COVID-19 syndrome. *Viruses.* 2022;14:2797.
36. Hughes DC, Ellefsen S, Baar K. Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2018;8:029769.
37. Samartino CG, Delpino MV, Godoy CP, Di Genaro MS, Pasquevich KA, Zwerdling A, *et al*. *Brucella* abortus induces the secretion of proinflammatory mediators from glial cells leading to astrocyte apoptosis. *Am J Pathol.* 2010;176:1323-38.
38. Baldi PC, Giambartolomei G. Immunopathology of *Brucella* infection. *Recent Pat Antiinfect Drug Discov.* 2013;8:18–26.
39. Rizkalla JM, Alhreish K, Syed IY. Spinal brucellosis: A case report and review of the literature. *J Orthop Case Reports.* 2021;11:1-5.
40. McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: Is balance training clinically effective? *J Athl Train*. 2008;43:305–15.

41. Roushan MRH, Ebrahimpour S, Afshar ZM, Babazadeh A. Cervical spine spondylitis with an epidural abscess in a patient with Brucellosis: A case report. *J Crit Care Med (Targu-Mures).* 2019;5:103–6.
42. Zahedpour F, Mohammadi M, Damavandi M, Agah J. The effect of core stability training on postpartum lumbar lordosis and low back pain in nulliparous women. *Iran J Obstet, Gynecol Infertil.* 2017;20:89–97.
43. Jeihooni AK, Hidarnia A, Kaveh MH, Hajizadeh E, Askari A. The effect of an educational program based on health belief model on preventing osteoporosis in women. *Int J Prev Med*. 2015;6:115.
44. Eskandari Z, Bashirian S, Barati M, Soltanian AR, Mohammad S, Hazavehei M. The effect of educational program based on the health belief model on brucellosis preventive behaviors among traditional ranchers in rural areas of Hamadan province. *J Educ Community Heal.* 2017;3:16–23.
45. Kashfi SM, Jeihooni AK, Jamshidi H, Bahmandoost M. The performance of postmenopausal women in the prevention of osteoporosis based on health belief model. *J Holist Nurs Midwifery.* 2019;29:73–81.
46. Ban HJ, Kim HS. Applying the modified health belief model (HBM) to Korean medical tourism. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:3646.
47. de Melo dos Santos R, e Costa FC, Saraiva TS, Callegari B. Muscle fatigue in participants of indoor cycling. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2017;7:173-9.
48. Köse Ş, Senger SS, Akkoçlu G, Kuzucu L, Ulu Y, Ersan G, *et al.* Clinical manifestations, complications, and treatment of brucellosis: Evaluation of 72 cases. *Turkish J Med Sci.* 2014;44:220–3.
49. Hart JM, Kerrigan DC, Fritz JM, Ingersoll CD. Jogging kinematics after lumbar paraspinal muscle fatigue. *J Athl Train*. 2009;44:475–81.
50. DiStefano LJ, Clark MA, Padua DA. Evidence supporting balance training in healthy individuals: A systemic review. *J Strength Cond Res*. 2009;23:2718–31.
51. Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening 1 1 No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the authors is/are associated. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:86–92.
52. Elmas A, Ulutaş F. Peripheral arthritis and tenosynovitis in a patient with Brucellosis. *Cureus*. 2023;15:3529.
53. Christodoulos AD, Douda HT, Polykratis M, Tokmakidis SP. Attitudes towards exercise and physical activity behaviours in Greek schoolchildren after a year long health education intervention. *Br J Sports Med.* 2006;40:367–71.
54. Nia BS, Mizany M, Sajadi SN, Rahimizadeh M. A comparison between attitudes of active and inactive students toward sport and physical activities. *Procedia - Soc Behav Sci.* 2012;31:61–5.
55. Spink WW. Current status of therapy of brucellosis in human beings. *J Am Med Assoc.* 1960;172:697–8.

POSTGRADOS OFICIALES:
SALUD Y DEPORTE

UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA

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

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

(1) Presencial *(2) Semipresencial*

MÁS INFORMACIÓN: **968 27 88 01** · **ucam.edu**

Normas de publicación de Archivos de Medicina del Deporte

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

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

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

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

Envío de manuscritos

1. Los trabajos destinados a publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte se enviarán a través del sistema de gestión editorial de la revista (http://archivosdemedicinadeldeporte.com/revista/index.php/amd).
2. Los trabajos deberán ser remitidos, a la atención del Editor Jefe.
3. Los envíos constarán de los siguientes documentos:
   a. **Carta al Editor** de la revista en la que se solicita el examen del trabajo para su publicación en la Revista y se especifica el tipo de artículo que envía.
   b. **Página de título** que incluirá exclusivamente y por este orden los siguiente datos: Título del trabajo (español e inglés), nombre y apellidos de los autores en este orden: primer nombre, inicial del segundo nombre si lo hubiere, seguido del primer apellido y opcionalmente el segundo de cada uno de ellos; titulación oficial y académica, centro de trabajo, dirección completa y dirección del correo electrónico del responsable del trabajo o del primer autor para la correspondencia. También se incluirán los apoyos recibidos para la realización del estudio en forma de becas, equipos, fármacos…
   c. **Manuscrito.** Debe escribirse a doble espacio en hoja DIN A4 y numerados en el ángulo superior derecho. Se recomienda usar formato Word, tipo de letra Times New Roman tamaño 12.
   Este texto se iniciará con el título del trabajo (español e inglés), resumen del trabajo en español e inglés, que tendrá una extensión de 250-300 palabras. Incluirá la intencionalidad del trabajo (motivo y objetivos de la investigación), la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones. Ha de estar redactado de tal modo que permita comprender la esencia del artículo sin leerlo total o parcialmente. Al pie de cada resumen se especificarán de tres a diez palabras clave en castellano e inglés (keyword), derivadas del Medical Subject Headings (MeSH) de la National Library of Medicine (disponible en: http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html).
   Después se escribirá el texto del trabajo y la bibliografía.
   En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.
   d. **Tablas.** Se enviarán en archivos independientes en formato JPEG y en formato word. Serán numeradas según el orden de aparición en el texto, con el título en la parte superior y las abreviaturas descritas en la parte inferior. Todas las abreviaturas no estándar que se usen en las tablas serán explicadas en notas a pie de página.
   Las tablas se numerarán con números arábigos según su orden de aparición en el texto.
   En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.
   e. **Figuras.** Se enviarán en archivos independientes en formato JPEG de alta resolución. Cualquier tipo de gráficos, dibujos y fotografías serán denominados figuras. Deberán estar numeradas correlativamente según el orden de aparición en el texto y se enviarán en blanco y negro (excepto en aquellos trabajos en que el color esté justificado).
   Se numerarán con números arábigos según su orden de aparición en el texto.
   La impresión en color tiene un coste económico que tiene que ser consultado con el editor.
   En el documento de texto, al final, se incluirán las leyendas de las tablas y figuras en hojas aparte.
   f. **Propuesta de revisores.** El responsable del envío propondrá un máximo de cuatro revisores que el editor podrá utilizar si lo considera necesario. De los propuestos, uno al menos será de nacionalidad diferente del responsable del trabajo. No se admitirán revisores de instituciones de los firmantes del trabajo.
   g. **Carta de originalidad y cesión de derechos**. Se certificará, por parte de todos los autores, que se trata de un original que no ha sido previamente publicado total o parcialmente.
   h. **Consentimiento informado.** En caso de que proceda, se deberá adjuntar el documento de consentimiento informado

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

i. **Declaración de conflicto de intereses.** Cuando exista alguna relación entre los autores de un trabajo y cualquier entidad pública o privada de la que pudiera derivarse un conflicto de intereses, debe de ser comunicada al Editor. Los autores deberán cumplimentar un documento específico.
En el sistema de gestión editorial de la revista se encuentran modelos de los documentos anteriores.

4. La extensión del texto variará según la sección a la que vaya destinado:
   a. **Originales**: Máximo de 5.000 palabras, 6 figuras y 6 tablas.
   b. **Revisiones**: Máximo de 5.000 palabras, 5 figuras y 4 tablas. En caso de necesitar una mayor extensión se recomienda comunicarse con el Editor de la revista.
   c. **Editoriales**: Se realizarán por encargo del comité de redacción.
   d. **Cartas al Editor**: Máximo 1.000 palabras.
5. **Estructura del texto**: variará según la sección a la que se destine:
   a. **ORIGINALES**: Constará de una **introducción**, que será breve y contendrá la intencionalidad del trabajo, redactada de tal forma que el lector pueda comprender el texto que le sigue. **Material y método**: Se expondrá el material utilizado en el trabajo, humano o de experimentación, sus características, criterios de selección y técnicas empleadas, facilitando los datos necesarios, bibliográficos o directos, para que la experiencia relatada pueda ser repetida por el lector. Se describirán los métodos estadísticos con detalle. **Resultados**: Relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y método empleados. Estos datos pueden publicarse en detalle en el texto o bien en forma de tablas y figuras. No se debe repetir en el texto la información de las tablas o figuras. **Discusión**: Los autores expondrán sus opiniones sobre los resultados, posible interpretación de los mismos, relacionando las propias observaciones con los resultados obtenidos por otros autores en publicaciones similares, sugerencias para futuros trabajos sobre el tema, etc. Se enlazarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones gratuitas y conclusiones no apoyadas por los datos del trabajo. Los **agradecimientos** figurarán al final del texto.
   b. **REVISIONES**: El texto se dividirá en todos aquellos apartados que el autor considere necesarios para una perfecta comprensión del tema tratado.
   c. **CARTAS AL EDITOR**: Tendrán preferencia en esta Sección la discusión de trabajos publicados en los dos últimos números con la aportación de opiniones y experiencias resumidas en un texto de 3 hojas tamaño DIN A4.
   d. **OTRAS**: Secciones específicas por encargo del comité editorial de la revista.
6. **Bibliografía**: Se presentará al final del manuscrito y se dispondrá según el orden de aparición en el texto, con la correspondiente numeración correlativa. En el texto del artículo constará siempre la numeración de la cita entre paréntesis, vaya o no vaya acompañado del nombre de los autores; cuando se mencione a éstos en el texto, si se trata de un trabajo realizado por dos, se mencionará a ambos, y si son más de dos, se citará el primero seguido de la abreviatura "*et al*". No se incluirán en las citas bibliográficas comunicaciones personales, manuscritos o cualquier dato no publicado.
La abreviatura de la revista Archivos de Medicina del Deportes es *Arch Med Deporte*.
Las citas bibliográficas se expondrán del modo siguiente:
   - **Revista:** Número de orden; apellidos e inicial del nombre de los autores del artículo sin puntuación y separados por una coma entre sí (si el número de autores es superior a seis, se incluirán los seis primeros añadiendo a continuación et al.); título del trabajo en la lengua original; título abreviado de la revista, según el World Medical Periodical; año de la publicación; número de volumen; página inicial y final del trabajo citado. Ejemplo: 1. Calbet JA, Radegran G, Boushel R, Saltin B. On the mechanisms that limit oxygen uptake during exercise in acute and chronic hypoxia: role of muscle mass. *J Physiol.* 2009;587:477-90.
   - **Capítulo en libro**: Número de orden; autores, título del capítulo, editores, título del libro, ciudad, editorial, año y páginas. Ejemplo: Iselin E. Maladie de Kienbock et Syndrome du canal carpien. En: Simon L, Alieu Y. *Poignet et Medecine de Reeducation.* Londres: Collection de Pathologie Locomotrice Masson; 1981. p. 162-6.
   - **Libro**. número de orden; autores, título, ciudad, editorial, año de la edición, página de la cita. Ejemplo: Balius R. *Ecografía muscular de la extremidad inferior. Sistemática de exploración y lesiones en el deporte.* Barcelona. Editorial Masson; 2005. p. 34.
   - **Material eléctrónico**, artículo de revista electrónica: Ejemplo: Morse SS. Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerg Infect Dis.* (revista electrónica) 1995 JanMar (consultado 0501/2004).
   Disponible en: http://www.cdc.gov/ncidod/EID/ eid.htm
7. La Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE comunicará la recepción de los trabajos enviados e informará con relación a la aceptación y fecha posible de su publicación.
8. ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE, oídas las sugerencias de los revisores (la revista utiliza el sistema de corrección por pares), podrá rechazar los trabajos que no estime oportunos, o bien indicar al autor aquellas modificaciones de los mismos que se juzguen necesarias para su aceptación.
9. La Dirección y Redacción de ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE no se responsabilizan de los conceptos, opiniones o afirmaciones sostenidos por los autores de sus trabajos.
10. Envío de los trabajos: Los trabajos destinados a publicación en la revista Archivos de Medicina del Deporte se enviarán a través del sistema de gestión editorial de la revista (http://archivosdemedicinadeldeporte.com/revista/index.php/amd).

Ética

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

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

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

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.