

# Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

217

Volumen 40 (5)  
Septiembre-Octubre 2023



## DOCUMENTO DE CONSENSO

Contraindicaciones para la práctica deportiva. Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED). Versión 2023

## ORIGINALES

Método Masqsano. Detección de enfermedades cardiacas no conocidas en reconocimientos médicos deportivos

Lung diffusing capacity after different modalities of exercise at sea level and hypobaric simulated altitude of 4,000 m

Diferencias antropométricas y potencia aeróbica máxima entre hombres y mujeres en el remo de traineras

Prevalence of electrocardiographic abnormalities in elite and sub-elite professional athletes

## REVISIONES

The influence of the menstrual cycle on the practice of physical exercise: narrative review







**UCAM Universidad Católica San Antonio de Murcia**

Campus de los Jerónimos,  
Nº 135 Guadalupe 30107

(Murcia) - España

Tlf: (+34)968 27 88 01 · [info@ucam.edu](mailto:info@ucam.edu)



**UCAM**  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE MURCIA





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 Lecumberrí

Francisco Javier Rubio Pérez

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

# Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

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

**Director**

Pedro Manonelles Marqueta

**Editor**

Miguel E. Del Valle Soto

**Administración**

Melissa Artajona Pérez

**Adjunto a dirección**

Oriol Abellán Aynés

**Comité Editorial**

**Norbert Bachl.** Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna, Austria. **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. **María Cascais.** Presidenta de la Sociedade Portuguesa de Medicina Desportiva. Lisboa (Portugal). **Ana Cintrón-Rodríguez.** Puerto Rico. Departamento de Medicina 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 Serratos 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.



UCAM  
UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE MURCIA



# ANALIZADOR de LACTATO LAK-EN310


La App permite la exportación de datos en formato .CSV



- ✓ Tiempo de análisis: solo 10 segundos
- ✓ Solo requiere 0,8 µl de sangre
- ✓ Rango de medición: 0,5 – 18,0 mmol/L
- ✓ Las tiras incluyen electrodos de oro que mejoran la fiabilidad y precisión de los resultados
- ✓ Memoria para 800 resultados
- ✓ Incluye una App en Android e iOS para la transmisión de datos vía Bluetooth



CONTACTA CON NOSOTROS

619 284 022   
info@laktate.com

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



# Archivos

## de medicina del deporte

Volumen 40(5) - Núm 217. Septiembre - Octubre 2023 / September - October 2023

### Sumario / Summary

#### Editorial

**“Doctor ... ya estoy bien, no me duele”**  
**“Doctor ... I’m fine, it doesn’t hurt”**

Ana V. Cintron Rodríguez .....246

#### Documento de consenso

**Contraindicaciones para la práctica deportiva. Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED). Versión 2023**

**Contraindications of sports practice. Consensus document of the Spanish Society of Sports Medicine (SEMED). Version 2023**

Pedro Manonelles Marqueta, Emilio Luengo Fernández, Luis Franco Bonafonte (coordinadores)..... 248

#### Originales / Original articles

**Método Masqsano. Detección de enfermedades cardíacas no conocidas en reconocimientos médicos deportivos**  
**MasQsano method. Detection of unknown cardiac diseases in sports medical examinations**

Antonio Rodríguez Martínez, Pablo Berenguel Martínez..... 280

**Lung diffusing capacity after different modalities of exercise at sea level and hypobaric simulated altitude of 4,000 m**  
**Capacidad de difusión pulmonar bajo diferentes modalidades de ejercicio a nivel del mar y en hipoxia hipobárica simulada de 4.000 m**

Iker García, Franck Drobnic, Beatriz Arrillaga, Yinkiria Cheng, Casimiro Javierre, Victoria Pons, Ginés Viscor ..... 286

**Diferencias antropométricas y potencia aeróbica máxima entre hombres y mujeres en el remo de traineras**  
**Anthropometric and maximal aerobic power differences between male and female row crews- traineras**

Beñat Larrinaga, Xabier Río, Aitor Coca, Manuel Rodríguez-Alonso, Ane Arbillaga-Etxarri ..... 293

**Prevalence of electrocardiographic abnormalities in elite and sub-elite professional athletes**  
**Prevalencia de alteraciones electrocardiográficas en deportistas élite y sub-élite**

Valeria González González, Carlos E. Barrón Gámez, Laura L. Salazar Sepúlveda, Tomas J. Martínez Cervantes, Oscar Salas Fraire ..... 298

#### Revisiones / Reviews

**The influence of the menstrual cycle on the practice of physical exercise: narrative review**  
**La influencia del ciclo menstrual en la práctica de ejercicio físico: una revisión narrativa**

Françielle de Assis Arantes, Osvaldo Costa Moreira, Gleiverson Saar Sequeto, Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira ..... 305

**Normas de publicación / Guidelines for authors .....315**



# “Doctor ... ya estoy bien, no me duele”

## “Doctor ... I’m fine, it doesn’t hurt”

**Ana V. Cintron Rodríguez**

*Puerto Rico Sports Medicine Federation*

*President – COPAMEDE*

*Elected Member- FIMS Executive Committee*

doi: 10.18176/archmeddeporte.00141

“Doctor ... ya estoy bien, no me duele”. ¿Cuántas veces hemos escuchado estas palabras de parte de nuestros atletas? ¿Cuántas veces, sin necesariamente la aprobación del equipo médico de cuidado, nuestros atletas regresan a la práctica y a la competencia prematuramente después de una lesión deportiva? Sospecho que la respuesta de muchos será ... “muchas veces”. ¿Cómo hacer entender no sólo a nuestros atletas sino también a algunos proveedores de la salud que la ausencia de dolor no es equivalente a una recuperación completa de una lesión deportiva? La evidencia en la literatura nos ha demostrado una y otra vez que una de las causas más importantes de la recurrencia en las lesiones deportivas es una rehabilitación incompleta.

La rehabilitación de las lesiones deportivas ha evolucionado a través de las últimas décadas con modalidades de tratamiento y protocolos de ejercicios que han ido variando según nos ha guiado la evidencia científica, pero hay un eterno constante: un historial y examen físico comprensivo. Esto va a variar según las características de aquél que estamos evaluando, si es un adulto o un niño, mujer o varón, si es una lesión aguda o crónica, traumática o de sobreuso. Incluido en esa evaluación debe de estar la identificación de factores de riesgo tanto intrínsecos (por ejemplo, problemas de alineamiento anatómico estáticos y/o dinámicos, acortamiento y/o desbalance muscular, entre otros), como factores de riesgo extrínsecos (errores de entrenamiento, equipo o técnica inapropiada, entre otros).

Es importante enfatizar que para lograr una rehabilitación efectiva de un atleta, debemos de conocer bien el deporte que practica. Con el estudio de la biomecánica del movimiento podemos identificar los grupos musculares y articulaciones que van a estar a mayor riesgo de lesionarse, y cuáles se pueden afectar indirectamente como parte de esa cadena continua de movimiento que conocemos como cadena cinética. Conociendo y entendiendo el porqué de las lesiones asociadas a ese deporte en particular es que podemos establecer un plan de

rehabilitación efectivo, tratando no sólo los tejidos que duelen, sino también aquellos que se han afectado sustituyendo y compensando por aquellos originalmente lesionados. Es por eso que no sólo evaluamos el hombro que duele, sino también el tronco, y las extremidades inferiores que sabemos contribuyen a más del 50% de la fuerza que logra un lanzador, buscando ese déficit biomecánico “oculto” que afecta el movimiento de ese hombro. Sólo así podemos hacer un plan apropiado de rehabilitación y tener una recuperación efectiva. Ese conocimiento es también la base sobre la cual podemos entrenar los tejidos a riesgo para la prevención de lesiones en ese deporte en particular.

A pesar de la existencia de múltiples protocolos de rehabilitación, cada atleta recupera a su paso y es por eso que debemos de individualizar y modificar el plan de rehabilitación según sea necesario. Un equipo multidisciplinario es esencial, incluyendo el terapeuta físico, terapeuta atlético, fisiólogo del ejercicio, nutricionista deportivo entre otros, y el tan esencial psicólogo deportivo.

La rehabilitación de lesiones deportivas se ha dividido en fases, y esas fases muy frecuentemente van a la par con las fases de recuperación del tejido afectado. A continuación, las fases de rehabilitación resumidas:

- Fase I: Aguda o de Recuperación – comienza desde que se hace el diagnóstico, trabajando la fase inflamatoria del tejido, fase esencial en la cual el cuerpo comienza el proceso de curación, y en la cual la rehabilitación busca alivio sintomático del dolor, prevenir el exceso de edema, proteger el área lesionada, pero a la vez promoviendo el arco de movimiento. En algunos casos dependiendo de la severidad de la lesión, se puede comenzar con una carga leve.
- Fase II: Readaptación – coincide con la fase reparadora de los tejidos donde el tejido afectado es sustituido por una matriz de colágeno a través de la proliferación de fibroblastos. Es durante esta fase que la rehabilitación se concentra en recuperar el arco de movimiento, la fuerza y la función neuromuscular incluyendo la propiocepción.

**Correspondencia:** Ana V. Cintron Rodríguez

E-mail: [anacintron@gmail.com](mailto:anacintron@gmail.com)

Incluye entrenamientos alternos para evitar la pérdida de la capacidad aeróbica. Es en esta fase donde frecuentemente “perdemos” a nuestros atletas por la ausencia del dolor.

- Fase III: Fase Funcional o de Reentrenamiento – se asocia a la fase de maduración y remodelación de los tejidos, en la cual se siguen trabajando las destrezas de la fase de readaptación y se reentrena el atleta en los movimientos y las técnicas para cumplir con las demandas específicas del deporte.

Lograr un retorno seguro a la práctica del deporte, ya sea competitiva o recreativa, es la meta de todo proceso de rehabilitación. Por eso la importancia de educar a nuestros atletas que la rehabilitación no sólo envuelve eliminar el dolor, sino también lograr la restauración del arco de movimiento, de la fuerza, de la función neuromuscular y sobre todo, de todos los movimientos que son específicos para cumplir con las demandas de su deporte. De esa manera, no sólo tiene un retorno efectivo sino minimiza la posibilidad de una recurrencia de la lesión. Esa decisión debe de ser una tomada con el insumo del equipo multidiscipli-

plinario, tomando en cuenta no sólo los factores clínicos o biológicos del atleta sino también los factores psicológicos y sociales que puedan afectar su participación en el deporte.

Es nuestra responsabilidad educar a nuestros atletas, sus entrenadores y familiares sobre la importancia del proceso de rehabilitación y las posibles consecuencias de una rehabilitación incompleta. ¡La educación en este proceso es esencial!

## Bibliografía recomendada

- Defi IR. Rehabilitation Role in Sport Injury. *Orthop J Sports Med.* 2023 Feb 28;11(2 Suppl):2325967121500833. doi: 10.1177/2325967121500833. PMID: PMC9999154.
- Dhillon H, Dhillon S, Dhillon MS. Current Concepts in Sports Injury Rehabilitation. *Indian J Orthop.* 2017 Sep-Oct;51(5):529-536. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho\_226\_17.
- Giraldo-Vallejo JE, Cardona-Guzmán MÁ, Rodríguez-Alcivar EJ, Kočí J, Petro JL, Kreider RB, Cannataro R, Bonilla DA. Nutritional Strategies in the Rehabilitation of Musculoskeletal Injuries in Athletes: A Systematic Integrative Review. *Nutrients.* 2023 Feb 5;15(4):819. doi: 10.3390/nu15040819. PMID: 36839176; PMCID: PMC9965375.

# Analizador Instantáneo de Lactato Lactate Pro 2

арклай  
LT-1730

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



Importador para España:

francisco j. bermell  
ELECTROMEDICINA  
www.bermellelectromedicina.com

EQUIPOS PARA EL DEPORTE Y LA MEDICINA DEL DEPORTE

c/ Lto. Gabriel Miro, 54, ptas. 7  
46008 Valencia Tel: 963857395  
Móvil: 608848455 Fax: 963840  
info@bermellelectromedicina.c  
www.bermellelectromedicina.cc

# Contraindicaciones para la práctica deportiva. Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED). Versión 2023

Pedro Manonelles Marqueta, Emilio Luengo Fernández, Luis Franco Bonafonte (coordinadores), Helena Álvarez-Garrido, Miguel Archanco Olcese, Carmen Arnaudas Roy, Rafael Arriaza Loureda, Montserrat Bellver Vives, Raquel Blasco Redondo, Araceli Boraita Pérez, Daniel Brotons Cuixart, Josep Brugada Terradellas, Juan Calatayud Pérez, Aridane Cárdenes León, Gonzalo María Correa González, Miguel Chiacchio Sieira, Miguel Del Valle Soto, Vicente Elías Ruiz, Vicente Ferrer López, Bernardo J. Galmés Sureda, Pedro García Zapico, Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea, Luis González Lago, Gonzalo Grazioli, Fernando Gutiérrez Ortega, Fernando Jiménez Díaz, Ricardo Jiménez Mangas, Kepa Lizarraga Sainz, Jeroni Llorca Garnero, Begoña Manuz González, Ignacio Martínez González-Moro, Silvia Monserrat, Zigor Montalvo Zenarruzabeitia, Juan Miguel Morillas Martínez, Elena Muñoz Farjas, Fernando Novella María-Fernández, Concepción Ocejo Viñals, José Luis Orizaola Paz, Nieves Palacios Gil de Antuñano, Javier Pérez Ansón, Francisco Javier Rubio Pérez, Fernando Salom Portella, José Sánchez Martínez, Ángel Sánchez Ramos, Luis Segura Casado, Nicolás Terrados Cepeda, José Luis Terreros Blanco

doi: 10.18176/archmeddeporte.00142

## Resumen

La función principal de la medicina del deporte es el cuidado de la salud del deportista, no solo desde el punto de vista del tratamiento, sino también desde el de la prevención. Los reconocimientos médicos para la aptitud deportiva, una de las atribuciones principales de esta especialidad, están destinados a descubrir patologías, enfermedades o alteraciones que pueden afectar a la salud, y abarcan desde las situaciones que pueden desencadenar incidentes mortales hasta las que, sin poner en riesgo la vida, pueden afectar la salud o el rendimiento del deportista. La realización adecuada de reconocimientos para el deporte implica el diagnóstico de problemas médicos que deben analizarse, entre otros puntos de vista, desde la óptica de la aptitud para la práctica deportiva, y el médico encargado debe disponer de una guía que le oriente sobre la decisión de autorizar o no la práctica de deporte, y en caso de no autorización, la temporalidad de esta y el riesgo asumible de participación en algunos deportes. Las contraindicaciones para la práctica deportiva mejor conocidas son las de origen cardiovascular, tratadas extensamente en la literatura, pero también existen contraindicaciones del resto de aparatos y sistemas del organismo, entendiendo que el deportista es un ser completo y que el ejercicio físico afecta a todo su conjunto. Este documento, además de recoger dichas contraindicaciones, analiza los aspectos legales que afectan a los profesionales en los que recae la responsabilidad de realizar los reconocimientos y los aspectos documentales que les son propios.

### Palabras clave:

Contraindicación. Reconocimiento médico deportivo. Exclusión. Aptitud deportiva. Consenso. Medicina del deporte.

## Contraindications of sports practice. Consensus document of the Spanish Society of Sports Medicine (SEMED). Version 2023

### Summary

Main purpose of sports medicine is reaching the health care of the athlete, not only from the point of view of treatment, but also from the point of view of prevention. The performance of preparticipation medical sports evaluation, one of the main attributions of this specialty, is aimed at the discovery of pathologies, diseases or alterations that may affect health. They might range from situations that can trigger deadly incidents, to those without putting life at risk, can affect the health or performance of the athlete. Adequate implementation of preparticipation medical sports evaluation implies the diagnosis of medical problems that must be analyzed, from other points of view such as the perspective of fitness for sport practice. In addition, the doctor in charge must have a guide for clearance for sports practice. In case of non-authorization, time for non-sports activities must be recommended in order to decrease injury risks. Cardiovascular pathologies are the best-known contraindications in sport practice, treated extensively in the literature. However, there are also contraindications secondary to problems or issues of the rest of apparatus organs and systems of the organism, knowing that the athlete represents an entity in which physical exercise affects all their sets. This document highlights those contraindications already discussed above and analyzes the legal aspects of sports practice contraindications. Medical professionals are responsible for managing the pre-participation medical sports evaluation as well as the documentary aspects that support it.

### Key words:

Contraindication. Preparticipation medical sports evaluation. Ineligibility. Sports fitness. Consensus. Sports Medicine.

**Correspondencia:** Pedro Manonelles  
E-mail: pmanonelles@femedede.es



## Introducción

La práctica de deporte en la sociedad actual no solo es un hecho de gran trascendencia social cada vez más extendido que en España implica a más de la mitad de la población, sino que es una firme recomendación de las administraciones sanitarias y de las sociedades científicas como herramienta de lucha contra el sedentarismo y la enfermedad crónica<sup>1-3</sup>. Sin embargo, es necesario que la práctica deportiva se realice en condiciones de seguridad para evitar los riesgos que tiene asociados y para que sea lo más satisfactoria posible. Hay riesgos inherentes al deporte difíciles de evitar, como sucede con los derivados de los accidentes o de la sobrecarga. Sin embargo, es posible prevenir muchos casos de muerte súbita (MS) o los problemas que son consecuencia de patologías, alteraciones o enfermedades del deportista. Los reconocimientos médicos para la aptitud deportiva sirven para prevenir estos riesgos<sup>4</sup>.

El reconocimiento médico adecuado detecta patologías que, en algunos casos, pueden constituir algún tipo de riesgo para el deportista. De aquí surge el concepto de aptitud para la práctica deportiva, es decir, el criterio que, tras la realización un reconocimiento médico que, en este caso, se denomina reconocimiento médico para la aptitud deportiva, determina la idoneidad del deportista o, en caso contrario de su no aptitud por motivo médico.

La determinación de una no aptitud para la práctica deportiva requiere el establecimiento de criterios objetivos y establecidos para sentar un catálogo de contraindicaciones que no tengan que ser dictaminadas por el único criterio del facultativo. Aunque, en último término, sea éste el que asuma la responsabilidad de autorizar la práctica deportiva, es cierto que se debe contar con un documento en el que el médico encargado de la firma de la idoneidad del deportista pueda basarse para establecer este criterio.

La Sociedad Española de Medicina del Deporte asumió la tarea de elaborar un documento de consenso sobre contraindicaciones para la práctica deportiva en el año 2018<sup>5</sup>. Este documento ofreció la novedad de incorporar las contraindicaciones de sistemas y aparatos más allá de las cardiológicas que son las que se han utilizado habitualmente.

La evolución del conocimiento y de la experiencia ha hecho necesario elaborar un nuevo documento de consenso de contraindicaciones para la práctica deportiva que se presenta con dos importantes modificaciones respecto al anterior. Por una parte, se ha hecho una profunda revisión de las contraindicaciones por aparatos y sistemas diferentes del cardiovascular y por otra, se ha modificado sustancialmente el abordaje de las contraindicaciones cardiovasculares de tal manera que se contemplan las contraindicaciones por patologías atendiendo a la demanda cardiovascular que supone el deporte en cada deportista investigado.

Este documento tiene el objetivo de servir como guía útil para el médico que tiene que tomar la decisión sobre la participación deportiva de personas con algún tipo de patología descubierta en el reconocimiento médico para la aptitud deportiva o conocida previamente.

Aunque el fin fundamental de la realización de reconocimientos para la aptitud deportiva es la prevención de la MS, y por ello el documento tiene un contenido muy importante sobre las contraindicaciones cardiovasculares<sup>6</sup>, dado que el deportista constituye una unidad de órganos y sistemas y la actividad deportiva tiene repercusión sobre todo

el organismo, este trabajo también incorpora las enfermedades de otros sistemas y aparatos que pueden verse afectados de manera importante por el ejercicio físico, para evitar agravamientos o descompensaciones.

Este documento está destinado a abordar las recomendaciones de contraindicación para el deporte de competición (deportistas federados de cualquier nivel, incluidos el escolar y universitario), pero no se debe olvidar que muchos deportistas aficionados, sin competición reglada, realizan entrenamiento similar, e incluso a veces superior, y practican su deporte con un alto espíritu competitivo. En este sentido, y siempre a criterio del médico responsable, estas recomendaciones también serían de aplicación en este tipo de deportistas y para algunas personas físicamente activas. Por lo tanto, es posible aplicar selectivamente los principios contenidos en este documento a ciertas actividades deportivas que no cumplen con la definición precisa de "competitiva", aunque siempre teniendo en cuenta que las restricciones excesivas e innecesarias pueden crear problemas físicos y psicológicos (especialmente en la infancia)<sup>7</sup>.

Aunque el documento se centra principalmente en los estándares de contraindicación para deportistas de competición, en especial los federados, estas directrices también pueden ser útiles en personas físicamente activas en otras circunstancias, por ejemplo, policías, bomberos y pilotos<sup>8</sup>, así como para los participantes en ciertas actividades deportivas recreativas y para algunas personas físicamente activas.

Algunos de los criterios utilizados se basan en la opinión y la experiencia de los autores del documento, y otros se basan en una sólida evidencia científica, pero muchos otros se presentan desde la convicción de que existe poca experiencia y de que son necesarios más estudios que deberán ser aportados en futuras ediciones del documento. En cualquier caso, se trata de una guía que tiene que ser utilizada en el contexto de cada patología y de cada paciente concreto, y corresponde al médico tomar la decisión más adecuada que considere en cada caso.

Las indicaciones y contraindicaciones incluidas en esta guía son un apoyo para la decisión del médico del deporte, que ha de tomarla basándose en los datos clínicos aportados por el deportista o por las pruebas clínicas realizadas. En ningún caso sustituyen al correcto criterio clínico apoyado en la experiencia del médico y en un acto médico adecuado y personalizado para el deportista o el paciente y las especiales circunstancias que concurren en cada situación.

## Definiciones

A continuación, se definen con exactitud algunos de los términos que se van a utilizar en este consenso.

**Deportista de competición.** Deportista que participa en un equipo organizado o deporte individual que requiere competición regular contra otros como un componente central, otorga una gran importancia a la excelencia y al logro, y requiere alguna forma de entrenamiento sistemático y generalmente intenso<sup>9</sup>.

**Reconocimiento médico para la aptitud deportiva<sup>4</sup>.** Se trata de la inspección o examen que realiza el médico al deportista con el objetivo de determinar su aptitud para la práctica deportiva o si presenta algún tipo de contraindicación para llevarla a cabo.

Contraindicación para la práctica deportiva<sup>4</sup>. Es la acción de señalar como perjudicial en determinados casos la práctica de un deporte. Determina la existencia de un estado o condición, especialmente patológico, que hace impropia o peligrosa la práctica deportiva. El diagnóstico de alguna contraindicación trae como consecuencia la recomendación de la limitación o la imposibilidad de practicar deporte, y la denegación, en su caso, de la expedición de la licencia deportiva.

*Certificado médico*<sup>10</sup>. Declaración escrita de un médico que da fe del estado de salud de una persona en un determinado momento.

*Médico responsable*<sup>10</sup>. Profesional que tiene a su cargo coordinar la información y la asistencia sanitaria del paciente o del usuario, con el carácter de interlocutor principal de este en todo lo referente a su atención e información durante el proceso asistencial, sin perjuicio de las obligaciones de otros profesionales que participan en las actuaciones asistenciales.

*Paciente*<sup>10</sup>. Persona que requiere asistencia sanitaria y está sometida a cuidados profesionales para el mantenimiento o la recuperación de su salud.

*Usuario*<sup>10</sup>. Persona que utiliza los servicios sanitarios de educación y promoción de la salud, de prevención de enfermedades y de información sanitaria.

## Consideraciones médico-legales

Del reconocimiento del derecho a la protección de la salud y de la competencia de los poderes públicos para organizar y tutelar la salud pública a través de medidas preventivas, entre otras, indicado en la Constitución Española<sup>11</sup>, emanan diversas normas que desarrollan las diferentes maneras de llevarla a cabo.

La Ley General de Sanidad<sup>12</sup> regula todas las acciones que permitan hacer efectivo el derecho a la protección de la salud para todos los españoles y los ciudadanos extranjeros que tengan establecida su residencia en el territorio nacional. La Ley General de Salud Pública<sup>13</sup> contempla la vertiente preventiva y de protección y promoción de la salud, y regula aspectos para fomentar, proteger y promover la salud de las personas, entre los que se incluye el ejercicio físico.

La Ley de Protección de la Salud<sup>14</sup> establece un marco de prevención de la salud en el ámbito de la práctica deportiva de aplicación general, entendiéndolo como "protección de la salud en el ámbito del deporte el conjunto de acciones que los Poderes Públicos exigen, impulsan o realizan, según su respectivo ámbito de competencias, para conseguir que la práctica deportiva se realice en las mejores condiciones para la salud de los deportistas, así como para que se prevengan las consecuencias perjudiciales que puedan provenir de la actividad deportiva, especialmente en el deporte de alta competición".

Esta ley incluye, como medida específica mínima para desarrollar la protección de la salud del deportista, la realización de reconocimientos médicos con carácter previo a la expedición de la correspondiente licencia federativa, en aquellos deportes en que se considere necesario para una mejor prevención de los riesgos para la salud de sus practicantes.

La realización de reconocimientos médicos para la aptitud deportiva tiene como objetivo prioritario la reducción de la incidencia de MS del deportista, pero también prevenir problemas de salud y, evidente-

mente, determinar las contraindicaciones médicas absolutas o relativas, y permanentes o temporales, para la práctica deportiva, excluyendo a los individuos de riesgo<sup>4</sup>.

En este sentido, es primordial conocer las patologías que pueden afectar, de una forma más o menos importante, la salud del deportista, y sentar las contraindicaciones que se deriven de ellas.

Debido a que la patología cardiovascular es la causa más importante de MS en el deportista<sup>15,16</sup>, hay una gran cantidad de trabajos que han establecido las contraindicaciones cardiovasculares para la práctica deportiva<sup>17-30</sup>.

En lo que respecta al resto de patologías y problemas que hay que contemplar desde el punto de vista de la protección de la salud, hay muchísima menos literatura disponible<sup>18,31-37</sup>.

Es importante, desde el punto de vista médico, disponer de una adecuada guía de contraindicaciones de todo tipo que, necesariamente, debe irse revisando en función del conocimiento que se vaya teniendo de las repercusiones que el deporte y el ejercicio físico suponen para la salud del deportista. Además, y no menos importante, esta guía debe servir para apoyar las decisiones médicas en lo que respecta a las determinaciones de contraindicación, desde un punto de vista legal y jurídico, tal como se indicó en el sistema de reconocimientos médicos propuesto por el Consejo Superior de Deportes<sup>18,31</sup>.

El deportista, como sujeto con derechos relacionados con la salud, tiene una serie de derechos que salvaguarda la ley, destinados a proteger su salud tanto como paciente, cuando sufre algún proceso patológico que precisa atención sanitaria, como si es usuario, cuando precisa servicios sanitarios destinados a la prevención. Entre ellos se encuentran el derecho a la información sobre su salud garantizada por el médico responsable<sup>10</sup>.

Por lo tanto, el médico, dentro de sus obligaciones de participación activa en beneficio de la salud y del bienestar de las personas en situaciones de salud y de enfermedad, en especial en el campo de la prevención<sup>38</sup> y de la información, debe advertirle de las consecuencias relevantes o de importancia, los riesgos y las contraindicaciones para la práctica deportiva.

## Profesionales que deciden las contraindicaciones

La contraindicación para la práctica deportiva debe realizarla el médico que tenga los conocimientos, la experiencia y la responsabilidad adecuados. Resulta evidente que el profesional que cuenta con estas características es el médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. No obstante, otros médicos pueden señalar contraindicaciones si cumplen con los requisitos indicados.

Para emitir la decisión de participación o de contraindicación de cualquier tipo, el médico utilizará como guía la clasificación de deportes clásica<sup>39</sup> (Anexo 1), basada en las intensidades de esfuerzo dinámico y estático en sus diversos grados (bajo, medio, alto), y la basada en la posibilidad de contacto o riesgo de colisión corporal (Anexo 2), así como el riesgo vital en caso de síncope (Anexo 3). No obstante, cabe recordar que las demandas de entrenamiento y de competición pueden variar entre deportes y también en el mismo deporte, que la intensidad del



entrenamiento puede ser mayor que la de la competición, y que los diferentes niveles de actividad física pueden afectar a las enfermedades cardiovasculares subyacentes (e insospechadas) y a otras enfermedades de forma imprevisible y de diferentes maneras. Además, es difícil evaluar con precisión o tener en cuenta la intensidad del ejercicio en varios deportes debido a una variedad de factores, en particular las actitudes motivacionales.

Es aconsejable que las recomendaciones o decisiones de participación deportiva se basen en pruebas diagnósticas probables o confirmadas, y que no incluyan diagnósticos ambiguos, posibles o límite.

En muchas ocasiones es preciso consultar con un especialista en un área concreta, con cuya colaboración el médico responsable efectúa la contraindicación, o la establece él mismo.

La trascendencia de establecer una contraindicación, especialmente la absoluta, requiere un ejercicio de enorme responsabilidad para el médico que la efectúa, que no debe escatimar esfuerzos para tomar la decisión de la forma más objetiva y adecuada, basándose en los criterios que se describen en este documento.

## Justificación del consenso

La Sociedad Española de Medicina del Deporte asumió el abordaje de la prevención de la MS y de la protección de la salud del deportista mediante diversas iniciativas, de las que cabe destacar el documento de consenso sobre reconocimientos para la aptitud deportiva, recientemente publicado<sup>4</sup>.

La investigación de la salud, aunque se trate de deportistas, tiene como consecuencia la posibilidad de encontrar alteraciones, patologías o enfermedades que comporten un dictamen de no aptitud para la práctica deportiva. Esta consideración implica la existencia de algún tipo de contraindicación para la práctica deportiva. En este sentido, cuando se realizó el documento de consenso sobre reconocimientos ya se planteó la necesidad de elaborar un listado de contraindicaciones, y se optó porque fueran documentos independientes para que no constituyeran un texto de difícil manejo; además, al ser independientes se facilitaba la realización separada de actualizaciones cuando se considerase oportuno.

La justificación de este documento de consenso, actualización del anteriormente publicado<sup>5</sup>, es el establecimiento de una guía para ayudar al profesional médico responsable a tomar las decisiones oportunas sobre el dictamen de participación o de contraindicación para la práctica deportiva, y que sirva de amparo legal, en la medida en que sea posible, para la toma de decisiones en su ejercicio profesional. Este nuevo consenso incluye una actualización sobre todas las patologías revisadas en el anterior con las modificaciones que se han comentado anteriormente.

## Documentación

La realización de un reconocimiento médico para la aptitud deportiva debe originar dos tipos de documentos<sup>4</sup>: el informe médico y el informe de aptitud deportiva (IAD).

### Informe médico

Destinado de modo exclusivo y confidencial al deportista (o a su padre, madre, tutor o representante legal si se trata de un menor de edad), será entregado de modo personal. En él deben constar:

- Datos de filiación del deportista.
  - Datos deportivos.
  - Descripción de las pruebas y protocolos realizados.
  - Resultados obtenidos en dichas pruebas.
  - Valoración de los resultados.
  - Copia del IAD.
  - Documentación de las contraindicaciones que se reflejen en el IAD (causa, requisitos de futuro que pueden anular una contraindicación, estudios o informes complementarios que se precisan y deben aportarse).
  - Otras contraindicaciones distintas a las del deporte y la especialidad solicitados.
  - Consejos médico-deportivos para la práctica de su deporte en las mejores condiciones de seguridad y salud.
- Cualquier otra información que el médico desee transmitir al deportista.

### Informe de aptitud deportiva

Destinado a ser presentado en la federación deportiva o entidad solicitante pertinente por el interesado. En él solo se expresarán:

- Grado de aptitud para la práctica deportiva, indicando de modo muy escueto:
  - Aptitud para el deporte y la especialidad que se solicita.
  - Contraindicaciones existentes para el deporte y la especialidad que se solicita (haciendo constar si es definitiva o temporal, y en este caso cuál es el tiempo de contraindicación que se prevé).
- Tiempo para el próximo reconocimiento médico deportivo (RMD), que por defecto será de 2 años, pero podrá ser acortado por el médico que lo realiza.

En este documento se evitará incluir todo tipo de información médica: diagnóstico, estudios complementarios, consejos, tratamientos, etc.

## Contraindicaciones para la práctica deportiva

Existen los siguientes tipos de contraindicaciones:

- Absolutas y definitivas: para la práctica de cualquier deporte o modalidad deportiva y de modo definitivo.
- Absolutas y temporales: para la práctica de cualquier deporte o modalidad deportiva, de modo temporal. En ese caso se deben especificar en el informe final del RMD el tiempo de contraindicación o los requisitos de futuro para que la contraindicación desaparezca. El tiempo de contraindicación se reflejará también en el IAD.
- Relativas y definitivas: para la práctica de cierto deporte o modalidad, de modo definitivo. En este caso se deben especificar los

deportes o las modalidades contraindicados en el informe final del reconocimiento médico deportivo (RMD) y en el certificado de aptitud deportiva (CAD).

- Relativas y temporales: para la práctica de cierto deporte o modalidad deportiva, de modo temporal. En este caso se deben especificar tanto los deportes o las modalidades contraindicados como el tiempo de contraindicación (todo ello en el informe final del RMD y en el CAD), o los requisitos de futuro para que la contraindicación desaparezca (solo en el informe final del RMD).

A continuación, se presentan las contraindicaciones para la práctica deportiva. Las contraindicaciones cardiovasculares se exponen en diversos apartados debido a que existe mucha experiencia y documentación sobre ellas, y requieren un tratamiento más extenso.

Se ha hecho una importante descripción de otras contraindicaciones por aparatos, que se presentan en último lugar.

### Contraindicaciones cardiovasculares

Nota general sobre el uso de la tabla de contraindicaciones cardiovasculares

Las tablas de contraindicaciones que se presentan a continuación suponen una guía adecuada y razonable para la toma de decisiones en cuanto a la concesión de aptitud para la práctica de un deporte, complementando y orientando el buen juicio y criterio clínicos razonados del facultativo reconocedor.

Se ha utilizado un sistema de colores para identificar más fácil la aptitud en cada patología (Tabla 1).

### Valvulopatías

La patología valvular sigue teniendo una prevalencia relevante debido a las etiologías de tipo degenerativo, de origen no reumático, así como por las valvulopatías congénitas<sup>40</sup>. En estas enfermedades, muchos síntomas tienen como factor desencadenante y limitante el esfuerzo, por lo que es importante definir los criterios de práctica y de contraindicación para el deporte<sup>19,20</sup>. La sintomatología es muy útil para decidir el manejo de estos pacientes, por lo que se han definido cuatro etapas de la enfermedad valvular que son útiles para sentar las recomendaciones y las limitaciones sobre la práctica deportiva<sup>39</sup>.

- Etapa A: pacientes asintomáticos con riesgo de desarrollar estenosis o insuficiencia valvular importante. Estos pacientes tienen hallazgos propios de su patología, como soplos, pero no presentan un malfuncionamiento valvular.
- Etapa B: pacientes asintomáticos con valvulopatía leve o moderada y con función ventricular sistólica izquierda normal.
- Etapa C: pacientes asintomáticos con valvulopatía grave, con evidencia de función ventricular sistólica preservada (etapa C1) o disfunción ventricular izquierda (C2).
- Etapa D: pacientes sintomáticos con valvulopatía grave, con o sin disfunción ventricular izquierda.

Esta clasificación tiene interés desde el punto de vista de las contraindicaciones porque los pacientes, en las etapas A, B y C, mientras están asintomáticos, pueden participar en actividad física y deportiva, en tanto que los de la etapa D, sintomáticos, no pueden hacerlo y deben recibir tratamiento quirúrgico.

La Tabla 2 describe las contraindicaciones de las valvulopatías y sus grados de aplicación.

**Tabla 1. Clases de indicación de aptitud: para el deporte o especialidad deportiva evaluada para actividad competitiva en un entorno federativo.**

| Clase    | Color | Descripción  | Detalles   |
|----------|-------|--|--|
| ROJO     | R     | NO APTO  | La demanda cardiovascular se valorará teniendo en cuenta el componente dinámico y estático del deporte/especialidad evaluada, junto al ejercicio relacionado con entrenamiento y preparación física tanto en intensidad, duración y tipo, y, asimismo, la carga que el componente competitivo implique en el sujeto, en el deporte y, eventualmente, en la prueba a evaluación |
| NARANJA  | N     | APTO para deportes de baja demanda cardiovascular                |  |
| AMARILLO | A     | APTO solo para deportes de hasta moderada demanda cardiovascular |  |
| VERDE    | V     | APTO   |  |

**Tabla 2. Contraindicaciones cardiovasculares. Valvulopatías<sup>17-20, 42, 43</sup>.**

| Patología         | Grado     | Detalle  | Clase | Revisión necesaria           |
|-------------------|-----------|--|-------|------------------------------|
| Estenosis aórtica | Severa    | Con o sin clínica<br>Grupo seleccionado con FE >50%  | R     | IQ ó 6 meses                 |
|                   | Moderada  | CON algún marcador de severidad:<br>- FE<50% fracción de eyección VI<br>- Prueba de esfuerzo con clínica, mala CF o descenso de la TA<br>- ARR arritmia ventricular compleja | N     | Remisión a valoración por HT |
|                   |           | SIN ningún marcador de severidad   | V     | 1 año                        |
|                   | Ligera    | SIN clínica  | V     | 1 año                        |
|                   | Bicúspide | SIN estenosis severa y SIN dilatación aórtica  | V     | 1 año                        |

(continúa)



**Tabla 2. Contraindicaciones cardiovasculares. Valvulopatías<sup>17-20, 42,43</sup> (continuación).**

| Patología                | Grado  | Detalle   | Clase | Revisión necesaria |
|--------------------------|--|---|-------|--------------------|
| Insuficiencia aórtica    | Severa   | Con clínica   | R     | IQ                 |
|                          |  | SIN clínica + CON cualquier marcador de severidad<br>- FE ≤50% fracción de eyección VI<br>- VTSVI >25 mm/m <sup>2</sup> o DTSVI >50 mm<br>- ARR arritmia ventricular compleja<br>- Prueba de esfuerzo anormal                 | R     | IQ                 |
|                          |  | SIN clínica + SIN ningún marcador de severidad  | V     | 6 meses            |
|                          | Moderada   | CON cualquier marcador de severidad   | A     | 6 meses            |
|                          |  | SIN ningún marcador de severidad  | V     | 1 año              |
| Ligera                   |  | V   |       |                    |
| Estenosis mitral         | Severa   |   | R     |                    |
|                          | Moderada   | CON hipertensión pulmonar PAPs >40 mm Hg (reposo/esfuerzo)  | R     |                    |
|                          |  | SIN hipertensión pulmonar PAPs <40 mm Hg y sin clínica (reposo/esfuerzo)  | N     | 1 año              |
| Ligera                   | SIN hipertensión pulmonar PAPs <40 mm Hg (reposo/esfuerzo) | V   |       |                    |
| Insuficiencia mitral     | Severa   | CON clínica   | R     |                    |
|                          |  | SIN clínica + CON cualquier marcador de severidad<br>- FE <60% fracción de eyección VI<br>- DTDVI ≥60 mm, VTDVI ≥35,3 mm/m <sup>2</sup> H, ≥40 mm/m <sup>2</sup> M.<br>- Prueba de esfuerzo anormal<br>- PAPs reposo ≥50 mmHg | R     |                    |
|                          |  | SIN clínica + SIN ningún marcador de severidad  | N     | 6 meses            |
|                          | Moderada   | CON clínica   | R     |                    |
|                          |  | SIN clínica + CON cualquier marcador de severidad<br>- FE <60% fracción de eyección VI<br>- DTDVI ≥60 mm, VTDVI ≥35,3 mm/m <sup>2</sup> H, ≥40 mm/m <sup>2</sup> M.<br>- Prueba de esfuerzo anormal<br>- PAPs reposo ≥50 mmHg | R     |                    |
|                          |  | SIN clínica + SIN ningún marcador de severidad  | V     | 6 meses            |
| Ligera                   |  | V   | 1 año |                    |
| Prolapso valvular mitral |  | Se hará referencia a la IMI que presente el evaluado  |       |                    |
| Estenosis tricúspide     | Moderada-severa  | CON clínica, dilatación VCI sin variación respiratoria, dilatación severa de la auricular derecha   | R     | 6 meses            |
|                          |  | SIN clínica   | N     | 6 meses            |
|                          | LEVE (gradiente medio <5 mm Hg)                            | SIN clínica   | V     | 1 año              |
| Insuficiencia tricúspide | Severa   | CON hipertensión pulmonar y Presión AD >20 mmHg   | R     |                    |
|                          |  | CON hipertensión pulmonar y (reposo/esfuerzo) >50 mmHg  | N     | 6 meses            |
|                          |  | SIN hipertensión pulmonar   | A     | 6 meses            |
|                          | Ligera-Moderada  | SIN hipertensión pulmonar y VD normal   | V     | 1 año              |
| Multiválvula             |  | Se valorará, al menos, la más severa de las valvulopatías o al menos aquella que comporte una limitación para la aptitud de mayor grado en este cuadro. Valorar ecocardiograma de ejercicio                                   |       |                    |
| Anticoagulados           |  | Para deportes con RIESGO DE CAÍDA, CONTACTO, CHOQUE   | R     |                    |
| Trasplantados cardiacos  |  |   | N     | 1 año              |

### Cardiopatías congénitas

Los grandes avances en el conocimiento y el tratamiento de las cardiopatías congénitas han supuesto una mejoría del estado físico de los niños cardiopatas, lo que les permite realizar una mayor cantidad de actividades físicas, incluyendo la participación en actividades deportivas<sup>44</sup>.

Las recomendaciones sobre participación de pacientes con cardiopatía en actividades físicas o deportivas resultan difíciles debido a las dificultades para cuantificar el esfuerzo miocárdico durante el ejercicio, que depende del tipo de actividad y de la cardiopatía congénita de que se trate<sup>19,20</sup>.

En las cardiopatías congénitas es importante tener en cuenta su gravedad y su posible sintomatología, además de valorar la situación funcional mediante una prueba de esfuerzo (PE). En general, en la mayoría de los casos se permite la realización de algún tipo de ejercicio, aunque las contraindicaciones y las recomendaciones deben establecerse de forma individualizada.

La Tabla 3 describe las contraindicaciones para las cardiopatías congénitas y sus grados de aplicación.

**Tabla 3. Contraindicaciones cardiovasculares. Cardiopatías congénitas<sup>18,21,45-48</sup>.**

| Patología  | Grado    | Detalle  | Clase | Revisión necesaria   |
|--|----------|--|-------|--|
| CIA<br>CIV<br>DVA<br>DAP<br>tras cierre de cualquier defecto   |          | Síntomas (síncope, dolor torácico, palpitaciones, disnea) o cualquiera de los siguientes<br>1. Disfunción VD (para CIA y DVA) o con disfunción de VI (para CIV o DAP) FE <45%<br>2. Insuficiencia tricúspide >3,5 m/s sospecha (cateterismo derecho PAP m >20 mm Hg o RVP >3 wu)<br>3. Dilatación de aorta<br>4. Arritmias: FA o FLA no controlados, ARR ventriculares, TVNS, EV con ejercicio, o BAV2 o BAV3<br>5. Desaturación con basal o con el ejercicio (<95%)   | R     | Valorar tratamiento y después de 3-6 meses del cierre                          |
| Evitar submarinismo pre-cierre, evitar altitudes altas si hipertensión pulmonar o cianosis                 |          | Sólo Disfunción VD o VI leve FE 45-50%   | N     | 6 meses  |
|  |          | Sólo insuficiencia tricúspide 2,8-3,5 m/s y sin disfunción de VD (para CIA y DVA) o VI (para CIV o DAP) con cateterismo derecho PAP >20 mmHg o RVP (resistencia vascular pulmonar >3 WU (Unidades Wood)  | A     | 6 meses  |
|  |          | Sólo arritmias auriculares (FA o FLA) controlados, o sólo EV >500 h/24 h, dobletes que desaparecen con el ejercicio  | A     | 6 meses  |
|  |          | Todo normal (Sin síntomas ni arritmias, ITr <2,8m/s y sin disfunción VD (para CIA y DVA) o VI (para CIV o DAP))  | V     | 1 año  |
| Canal AV reparado  |          | Igual que CIA, DVA, CIV o DAP, y según lesión valvular residual (IM o EM, IT o ET) ver valvulopatías   | V     |  |
| Obstrucción tracto de salida ventrículo derecho  | Severa   | Severa: Gradiente transpulmonar >60 mm Hg, o velocidad máxima >4 m/s (severa)  | R     | 6 meses (si progresión IT moderada, disfunción de VD, shunt D-I o síntomas IQ) |
|  | Moderada | Moderada: Gradiente transpulmonar 40-60 mmHg o velocidad máxima 3-4 m/s  | N     | 6 meses  |
|  | Ligera   | Gradiente transpulmonar <40 mm Hg o velocidad máxima <3 m/s  | V     | 1 año  |
| Tetralogía de Fallot<br>Descartar fibrosis por RMN, y si criterios de riesgo de muerte súbita realizar EEF |          | Síntomas: Síncope o palpitaciones o cualquiera de los siguientes<br>1. Disfunción de VD o VI con FE <45% o dilatación severa VD (>160 ml/m <sup>2</sup> ) con IPu severa<br>2. Hipertensión ventricular derecha (>50% de la presión sistémica)<br>3. Aortopatía ascendente severa >50 mm<br>4. Arritmia auricular o ventricular no controlada, QRS ≥180 mseg, QRS fraccionado, dispersión QT, Fibrosis extensa en la RMN, TVNS en Holter o inducción de TV en EEF.<br>5. Desaturación basal o con ejercicio <90%<br>Otros criterios de riesgo: shunts paliativos duraderos, mayor edad reparación, Presión telediastólica del VI >12 mm Hg, anomalías coronarias | R     | Valorar tratamiento  |
|  |          | Sólo uno de los siguientes:<br>- Insuficiencia pulmonar severa con VD ligeramente dilatado y FE VD >55%<br>- Obstrucción TSVD moderada<br>- Aorta 45-50 mm<br>- Desaturación basal o con ejercicio 90-95%  | N     | 6 meses  |
|  |          | Sólo uno de los siguientes:<br>- FE VD o VI 45-50%<br>- Insuficiencia pulmonar moderada.<br>- Aorta 40-45 mm<br>- Arritmia auricular o ventricular controlada  | A     | 1 año  |

(continúa)



**Tabla 3. Contraindicaciones cardiovasculares. Cardiopatías congénitas<sup>18,21,45-48</sup> (continuación).**

| Patología   | Grado   | Detalle  | Clase | Revisión necesaria   |
|---|---|--|-------|--|
| Tetralogía de Fallot<br>Descartar fibrosis por RMN, y si criterios de riesgo de muerte súbita realizar EEF  | Asintomático y sin criterios de riesgo:   | 1. FE VI y VD >50% y tamaño del VD normal o levemente aumentados o IP leve<br>2. No o leve obstrucción TSVD<br>3. No aortopatía. Aorta <40 mm<br>4. No arritmia en Holter, prueba de esfuerzo normal y RMN no fibrosis significativa.<br>5. Desaturación basal o con ejercicio Sat O2 >95%   | V     | 1 año  |
| Cardiopatía cianótica sin cirugía   | Sintomático para insuficiencia cardíaca   |  | R     |  |
|   | Asintomático. Sat O2 90-95% sin criterios de riesgo   |  | N     |  |
| Transposición de grandes vasos switch auricular (Mustard y Senning: NO realizar deportes con alto componente estático (III)) o corregida congénitamente       | Criterios de riesgo:  | 1. FE VD sistémico <40-45%<br>2. Hipertensión ventricular derecha (>50% de la presión sistémica)<br>3. Aortopatía ascendente severa >50 mm<br>4. Arritmia auricular o ventricular recidivante o no controlada, TV en Holter o prueba de esfuerzo o RMN con fibrosis significativa.<br>5. Sat O2 <90%<br>Otros criterios de riesgo: CIV previa, QRS >180 mseg, QRS fraccionado, IC, isquemia, anomalías coronarias. | R     |  |
|   | Swich auricular: Sin criterios de riesgo y prueba de esfuerzo normal  |  | N     |  |
|   | TGVcc: Sin criterios de riesgo y prueba de esfuerzo norma   |  | N     |  |
| Transposición de grandes vasos intervenida (corrección anatómica – switch arterial Jatene) AngioTC de coronarias: Descartar estenosis o angulación coronarias | Sólo uno de los siguientes:   | - Isquemia miocárdica en esfuerzo<br>- Disfunción ventricular FE <45%<br>- Insuficiencia severa de la neo-aorta con VI dilatado y FE VI<55%<br>- Estenosis pulmonar severa   | R     |  |
|   | Sólo uno de los siguientes:   | - Insuficiencia severa de la neo-aorta con VI dilatado y FE VI>55%<br>- Estenosis pulmonar moderada  | N     |  |
|   | Sólo uno de los siguientes:   | - Insuficiencia moderada-severa de la neo-aorta.<br>- Disfunción ventricular leve FE 45-50% con prueba de esfuerzo normal  | A     |  |
|   | Asintomático. Insuficiencia leve de la neo-aorta, estenosis pulmonar leve   | 1. FE VI y VD >50%<br>2. No o leve obstrucción TSVD<br>3. No aortopatía<br>4. No arritmia en Holter, prueba de esfuerzo normal<br>5. No cortocircuito residual   | V     |  |
| Derivación cavo-pulmonar total – cirugía de Fontan  | Síntomas de IC o algún criterio de riesgo   |  | R     | 6 meses  |
|   | Asintomático para insuficiencia cardíaca y sin criterios de riesgo  | 1. FE VI y VD >50%<br>2. No o leve obstrucción TSVD<br>3. No aortopatía<br>4. No arritmia en Holter, prueba de esfuerzo normal<br>5. No cortocircuito residual Sat O2 >95%<br>Prueba de esfuerzo normal (no isquemia ni arritmias ni hipotensión arterial)   | N     | 6 meses  |
| Malformación de Ebstein   | IT severa con síntomas o cualquiera de los siguientes:  | 1. Disfunción VD y/o VI moderada-severa FE <45% ó VD moderadamente-severamente dilatado<br>2. Hipertensión ventricular derecha (> 50% de la presión sistémica)<br>3. Dilatación de aorta >50 mm<br>4. Arritmias auriculares no controladas o ventriculares malignas<br>5. Desaturación con basal o con el ejercicio <90%   | R     | Valorar tratamiento  |
|   | IT severa con sólo disfunción VD y/o VI leve FE 45-55% y arritmias no significativas o no malignas (ESV aisladas poco frecuentes)<br>Insuficiencia tricúspide severa con VD ligeramente dilatado y FE VD >55% |  | N     | Valorar tratamiento (prueba de esfuerzo con gases y pro-BNP) |

(continúa)

**Tabla 3. Contraindicaciones cardiovasculares. Cardiopatías congénitas<sup>18,21,45-48</sup> (continuación).**

| Patología   | Grado | Detalle   | Clase | Revisión necesaria  |
|---|-------|---|-------|---|
|   |       | IT leve, moderada, severa sin síntomas<br>1. Sin disfunción VD y/o VI, con VD no dilatado<br>2. No hipertensión arterial<br>3. No dilatación de aorta<br>4. No arritmias<br>5. No desaturación con basal o con el ejercicio   | V     |   |
| Coartación de aorta no tratada (evitar isométrico)                                |       | 1. Dilatación de aorta score ≤3,0<br>2. Gradiente de presión arterial sistólica entre extremidad superior derecha e inferior derecha < 20 mm Hg<br>3. Pico de tensión arterial sistólica <95 <sup>th</sup> percentil predecible por edad (prueba de esfuerzo con TA <220 en hombres y <200 mm Hg, en mujeres)   | V     | 1 año   |
|   |       | Sobrepasar cualquiera de los 3 ítems anteriores   | R     | 6 meses   |
| Coartación de aorta tratada con stent o reparación quirúrgica (evitar isométrico) |       | Pasados 3 meses si presenta todos estos puntos:<br>1. Dilatación de aorta z-score ≤3,0<br>2. Gradiente de tensión arterial sistólica entre extremidad superior e inferior derechas <20 mm Hg<br>3. Pico de presión arterial sistólica <95 <sup>th</sup> percentil predecible por edad<br>4. Sin aneurisma asociado a la coartación<br>5. Sin valvulopatía aórtica que lo contraindique<br>NOTA: Valorar asociación con válvula bicúspide que podría ser [A] | V     | 1 año   |
|   |       | Dilatación de aorta z-score >3<br>Con aneurisma asociado a la coartación<br>NOTA: Valorar asociación con válvula bicúspide que podría ser [N]   | A     | 6 meses   |
| Síndrome Turner (evitar isométrico)   |       | ASI >25 mm/m <sup>2</sup>   | R     | Valorar IQ (bicúspide, elongación aorta transversa, CoA, y/o hipertensión arterial) |
|   |       | ASI (aortic size index) 20-25 mm/m <sup>2</sup>   | N     | 6 meses   |
|   |       | Aorta no dilatada   | V     | 1 año   |
| Anomalía del origen de las arterias coronarias                                    |       | Trayecto entre aorta-pulmonar y nacimiento con ángulo agudo (especialmente tronco común con origen seno coronario derecho), incluso detección incidental y otras anomalías coronarias con síntomas (angina, o síncope o muerte súbita) o ecocardiograma ejercicio positivo para isquemia o arritmias  | R     | Valorar IQ  |
|   |       | Origen coronario en arteria pulmonar (excepto si infarto previo o pendiente de cirugía) con resto normal<br>Origen CD en seno coronario izquierdo con resto normal, individualizar  | N     | 1 año   |
|   |       | Sin criterios previos<br>Tras 3 meses de IQ exitosa sin isquemia ni arritmias   | V     | 1 año   |

### Enfermedades del miocardio y del pericardio

Las enfermedades del miocardio tienen una alta probabilidad de provocar episodios de MS, especialmente la miocardiopatía hipertrófica, que es la causa de MS del deportista joven más frecuente en los Estados Unidos<sup>15</sup> y la segunda en España<sup>16</sup>.

La Tabla 4 describe las contraindicaciones para las enfermedades del miocardio y sus grados de aplicación.

### Arritmias y trastornos de la conducción cardiaca

Hay una gran cantidad de variaciones de la frecuencia y del ritmo cardiacos, de arritmias específicas y de trastornos de la conducción auriculoventricular e intraventriculares que se observan en deportistas.

Las arritmias y los trastornos de la conducción cardiaca deben considerarse en un contexto global cuando se descubren en el deportista, por las importantes relaciones existentes entre ejercicio físico y aparato cardiovascular.

Genéricamente, las arritmias pueden clasificarse en benignas, para fisiológicas y malignas<sup>19,20</sup>.

Se consideran benignas cuando no presentan un sustrato arritmógeno, no tienen consecuencias hemodinámicas si aparecen durante la actividad deportiva y no constituyen un riesgo vital para el deportista. Se denominan para fisiológicas las arritmias hipoactivas típicas del deportista (bradicardia sinusal, marcapasos errante, bloqueo auriculoventricular de segundo grado tipo I, ritmos de la unión, etc.), que aparecen fundamentalmente durante las situaciones de predominio vagal y suelen desaparecer con el esfuerzo, la actividad física y las emociones. Por último, se consideran malignas las arritmias que tienen graves consecuencias hemodinámicas durante la actividad física, que pueden poner en riesgo la vida del deportista y son indicativas de una cardiopatía arritmógena.

La Tabla 5 describe las contraindicaciones para las arritmias y los trastornos de la conducción cardiaca, y sus grados de aplicación.

**Tabla 4. Contraindicaciones cardiovasculares. Enfermedades del miocardio y del pericardio<sup>18-22</sup>.**

| Patología  | Grado  | Detalle   | Clase  | Revisión necesaria                          |
|--|--|---|--|---|
| Pericarditis                                     | Aguda  | Hasta la resolución completa del cuadro clínico   | R  | Temporal hasta control                      |
|  | Recidivante  | Hasta la resolución completa del cuadro clínico   | R  | Temporal hasta control                      |
|  |  | SIN ningún marcador de severidad  | V  | 1 año                                       |
|  | Crónica constrictiva   |   | N  | 1 año                                       |
|  | Derrame pericárdico crónico  |   | MODERADO o SEVERO o CON repercusión hemodinámica | R   |
| LIGERO o MODERADO y SIN repercusión hemodinámica |  |   | V  |   |
| Miocarditis (Miopericarditis)                    | Aguda  | Hasta la finalización del cuadro agudo  | R  |   |
|  | 3 meses tras cuadro agudo  | CON clínica o cualquier marcador de severidad<br>- Disfunción VI de cualquier tipo<br>- Derrame pericárdico persistente<br>- ARR arritmia (ventricular) compleja<br>- ECG sin normalizarse  | R  | 3 meses                                     |
|  |  | SIN clínica + SIN ningún marcador de severidad  | V  |   |
| Miocardiopatía hipertrófica                      | Datos de sospecha  | - Antecedentes familiares ciertos de miocardiopatía hipertrófica<br>- Síncopes (sin causa filiada)<br>- Dolor torácico no explicado<br>- Palpitaciones<br>- ECG con alteraciones sugestivas o de sospecha   |  | Remisión a evaluación especializada HT      |
|  | 1 o más criterios...   | - Síncope estudiado y no filiado<br>- ARR arritmia ventricular compleja<br>- HVI hipertrofia ventricular severa, con confirmación tisular de riesgo<br>- Intolerancia o mala respuesta hemodinámica al ejercicio<br>- Presencia de cualquier mutación de riesgo | R  |   |
|  | Si solo cumple alguno de los anteriores criterios, y de forma NO severa, Y solo en deportes que no supongan riesgo personal para el deportista o para terceros |   | V  | 6 meses (si incumple es causa de inaptitud) |
| Miocardiopatía dilatada                          | 1 o más criterios de severidad...  | - FE <50% fracción de eyección VI<br>- ØVI >35mm/m <sup>2</sup> telesistólico VI<br>- ARR arritmia ventricular compleja   | R  |   |
|  | Si solo cumple alguno de los anteriores criterios, y de forma NO severa, y solo en deportes que no supongan riesgo personal para el deportista o para terceros |   | V  | 6 meses (si incumple es causa de inaptitud) |
| Displasia arritmogénica                          | Con diagnóstico clínico correcto   |   | R  |   |

**Tabla 5. Contraindicaciones cardiovasculares. Arritmias y trastornos de la conducción cardíaca<sup>18-22</sup>.**

| Patología                   | Grado  | Detalle   | Clase | Revisión necesaria          |
|-----------------------------|--|---|-------|-----------------------------|
| Bradiarritmia               | - Sinusal<br>- BAV1<br>- BAV2-1Wenckebach<br>- BAV2-2 Mobitz   | - Asintomáticas en reposo y ejercicio<br>- Sin enfermedad estructural subyacente<br>- Con adecuada taquicardización al esfuerzo | V     |                             |
|                             | - Cualquier bradiarritmia: sintomática, con enfermedad estructural, con mala taquicardización<br>- BAV2 de alto grado<br>- BAV3<br>- Bloqueo sinoauricular de alto grado |   | R     | Hasta tratamiento adecuado  |
| Bloqueo de rama o hemirrama | BRD incompleto hasta QRS <120ms  |   | V     |                             |
|                             | - BRD QRS >120 ms, BRI, HBA, HBP<br>- Cualquier combinación de bloqueos de rama  |   | R     | Hasta descartar cardiopatía |

(continúa)



**Tabla 5. Contraindicaciones cardiovasculares. Arritmias y trastornos de la conducción cardiaca<sup>18-22</sup> (continuación).**

| Patología  | Grado  | Detalle   |   | Clase | Revisión necesaria                                   |
|--|--|---|---|-------|--|
| Extrasistolia ventricular  | - Sin cardiopatía<br>- Sin canalopatía<br>- No inducida por ejercicio  |   |   | V     | Una vez descartada cardiopatía                       |
|  | - Severa/compleja<br>- Inducida por ejercicio  |   |   | R     | Hasta descartar cardiopatía                          |
|  | NOTA: El grado de aptitud dependerá de la cardiopatía de base, caso de descubrirse   |   |   |       |  |
| Fibrilación auricular  | CON enfermedad estructural   |   | Referirse a la cardiopatía estructural subyacente   |       |  |
|  | SIN enfermedad   | Adrenérgica   | FA en deportista joven, inducida por ejercicio  | R     | Hasta diagnóstico                                    |
|  |  | Otras   | Con mal control de la FC con ejercicio  | A     |  |
|  |  |   | Con buen control de la FC con ejercicio   | V     |  |
| NOTA: Debe valorarse la limitación que induzca la posible anticoagulación (vide retro)                   |  |   |   |       |  |
| Fluter/aleteo auricular  |  |   |   | R     | Hasta diagnóstico y tratamiento                      |
| Taquicardia supraventricular   | Por reentrada nodal  | Detectada o sintomática   | Hasta estudio electrofisiológico (EFS) y ablación exitosa (ABL) tras ello: <b>V</b> descartada otra cardiopatía   | R     |  |
|  |  | Asintomática  | Hallazgo casual<br>Compromiso de estudio electrofisiológico / ablación en un plazo de 6 meses, que si no cumple perderá la aptitud para el deporte concreto | V     | Antes de 6m: EFS/ABL o... INAPTITUD                  |
| Canalopatías   | Adecuadamente definidos con genotipo y fenotipo  | Síndrome de Brugada   | CON aumento alteraciones repolarización típicas con/tras ejercicio, o deportes de fondo extremo o riesgo alta temperatura ambiental                         | R     |  |
|  |  |   | SIN datos anteriores  | V     |  |
|  |  | TV catecolamínica   |   | R     |  |
|  |  | QT largo  |   | R     |  |
| Otras canalopatías: no hay datos en la actualidad para poder dar una información adecuada en deportistas |  |   |   |       |  |
| Taquicardia ventricular  | SIN cardiopatía estructural  | Hasta tratamiento eficaz  |   | R     |  |
|  |  | TRAS tratamiento  |   | V     |  |
|  | CON cardiopatía estructural  |   |   | R     |  |
| Preexcitación  | Preexcitación SIN TSV demostrables ni inducibles y sin criterios de riesgo (conducción AV rápida por la vía) en estudio electrofisiológico |   |   | V     |  |
|  | CON TSV demostrables o inducibles o con criterios de riesgo (conducción AV rápida por la vía) en estudio electrofisiológico                |   |   | R     | Hasta solución de la preexcitación mediante ablación |
| Dispositivos implantados   | DAI o MPP  | SIN cardiopatía estructural   | EXCEPTO: <b>R</b> , para deportes de contacto, choque, peligro de integridad para el dispositivo, cables, o del deportista                                  | V     |  |
|  |  | CON cardiopatía estructural   | La valoración de la cardiopatía estructural subyacente  |       |  |
| Síncope  | En relación con el ejercicio físico (con, durante o tras)  |   |   | R     | Hasta diagnóstico y tratamiento                      |
|  | Sin relación con el ejercicio físico   | EXCEPTO: <b>R</b> , para deportes con peligro de integridad para el deportista o terceros |   | V     |  |

### Hipertensión arterial

La hipertensión arterial (HTA) es la enfermedad cardiovascular más prevalente en la población general, así como el factor de riesgo cardiovascular más común. Aunque afecta fundamentalmente a la población de media y avanzada edad, se estima que en España el 35% de las personas adultas tienen unas cifras de presión arterial (PA)  $\geq 140/90$  mmHg<sup>49</sup>, y en los Estados Unidos de Norteamérica hay un 11,6% de sujetos de 20-39 años con cifras elevadas de PA y un 11,0% de niños y adolescentes de 8 a 17 años con HTA (PA sistólica [PAS] o diastólica [PAD] en el percentil 95 o superior) o HTA límite (PAS o PAD en el percentil 90-95, o PA de 120/80 mmHg o más, pero por debajo del percentil 95<sup>50</sup>). Esto significa que hay un número importante de personas, incluso muy jóvenes, con la presión arterial elevada.

Aunque la HTA se ha asociado con un mayor riesgo de arritmias ventriculares complejas y MS, este factor de riesgo cardiovascular per se no se ha indicado como causa de MS en deportistas jóvenes<sup>51</sup>. Además, determinados tipos de actividades físicas provocan el descenso de la PA, también en hipertensos<sup>52</sup>, por lo que la práctica deportiva puede resultar beneficiosa en esta patología.

La Tabla 6 describe las contraindicaciones para la hipertensión arterial y sus grados de aplicación.

### Enfermedades de la aorta – Síndrome de Marfan

Hay diversas enfermedades aórticas, como la disección o la rotura aórtica en el síndrome de Marfan, que son importantes causas de MS en deportistas<sup>15</sup>. El aumento de la PA y la tensión que soporta la aorta durante el esfuerzo provocan un riesgo enorme de rotura, de disección o de aceleración de una formación aneurismática en los primeros tramos de dicha arteria<sup>25</sup>.

Dado el escaso número de pacientes con estas patologías, no existe una gran experiencia sobre su práctica de actividad física y deportiva, y aunque se deben favorecer formas de vida activa para mejorar la salud y evitar la estigmatización de estos pacientes en edades jóvenes, hay que tener presente el gran riesgo que presentan de sufrir incidentes catastróficos.

La Tabla 7 describe las contraindicaciones para las enfermedades aórticas y el síndrome de Marfan, y sus grados de aplicación.

**Tabla 6. Contraindicaciones cardiovasculares. Hipertensión arterial**<sup>18,24,27</sup>.

| Patología   | Grado      | Detalle  | Clase | Revisión necesaria     |
|---|------------|--|-------|------------------------|
| Hipertensión arterial sistémica   | Sin tratar | Con valores basales de $>180$ y/o $>110$ mmHg  | R     |                        |
|   | Controlada | Con respuesta exagerada al ejercicio físico: $\geq 230$ mmHg de TAS y $\geq 110$ mmHg de TAD | N     | Temporal hasta control |
|   |            | Con respuesta apropiada al ejercicio físico  | V     |                        |
| NOTA: En los deportes de elevada sollicitación isométrica de tren superior la valoración de la TA debe hacerse de forma individualizada |            |  |       |                        |

**Tabla 7. Contraindicaciones cardiovasculares. Enfermedades aórticas y síndrome de Marfan<sup>25,53</sup>.**

| Patología  | Grado  | Detalle  | Clase | Revisión necesaria              |         |
|--|--|--|-------|---------------------------------|---------|
| Válvula bicúspide  | Ver ESTENOSIS AÓRTICA o INSUFICIENCIA AÓRTICA  |  |       |                                 |         |
|  | Dilatación Valorar con ecocardiograma y angioTC o angioRMN   | ≥55 mm   |       | R                               | IQ      |
|  |  | ≥50 mm o si hay factores de riesgo:<br>- IQ<br>- Antecedentes familiares de disección de aorta<br>- Deseo de embarazo<br>- HTA<br>- Crecimiento de >3 mm/año |       | R                               |         |
|  |  | ≥45-50 mm o Z-score ≥4   |       | N                               | 6 meses |
|  |  | ≥40-45 mm o Z-score 3-4  |       | A                               | 6 meses |
|  |  | ≥35-40 o Z-score 2-3   |       | V                               | 1 año   |
|  |  | ≤35  |       | V                               | 1 año   |
|  | Tras cirugía exitosa de aorta  |  |       | A                               | 1 año   |
| NOTA: En los DEPORTES DE ELEVADA SOLICITACIÓN ISOMÉTRICA DE TREN SUPERIOR (potencia, carreras de coches) la valoración debe hacerse de forma individualizada si aorta ≥40-45 mm o Z-score 3-4. No deportes de contacto si ≥45-50 mm o Z-score ≥4 |  |  |       |                                 |         |
| Síndrome de Marfan   | Dilatación de aorta  | 45-50 mm o Z-score ≥4  | R     | Si factores de riesgo o >50: IQ |         |
|  |  | 40-45 mm o Z-score 3-4   | R     |                                 |         |
|  | Valvulopatía mitral o aórtica  | Grado superior a moderado  | R     |                                 |         |
|  | MARFAN bien definido SIN NINGUNO de los dos componentes anteriores   |  | A     | 6 meses                         |         |
|  | Tras cirugía de aorta exitosa  |  | N     | 6 meses                         |         |
|  | NOTA: Valorar el riesgo de rotura valvular o ístmica, o disección en deportes de contacto, evitar competición, ejercicio contacto e isométrico |  |       |                                 |         |

**Cardiopatía isquémica**

La cardiopatía isquémica (enfermedad arterial coronaria aterosclerótica) es la principal causa de MS<sup>16,51</sup> y de infarto de miocardio en deportistas adultos<sup>54</sup>. Aunque el ejercicio físico realizado con fines de salud (intensidad baja-moderada) es muy beneficioso y facilita la prevención de episodios coronarios<sup>55</sup>, es incuestionable que el

ejercicio intenso, de forma aguda y transitoria, aumenta el riesgo de desencadenar una MS o un infarto de miocardio incluso en personas aparentemente sanas<sup>55</sup>.

La Tabla 8 describe las contraindicaciones para la cardiopatía isquémica y sus grados de aplicación.

**Tabla 8. Contraindicaciones cardiovasculares. Cardiopatía isquémica<sup>18,26,27</sup>.**

| Patología             | Grado              | Detalle   | Clase   | Revisión necesaria |
|-----------------------|--------------------|---|---|--------------------|
| Cardiopatía isquémica | Severa o inestable | - Síndrome Coronario Agudo, antes de transcurrido al menos 1 mes<br>- ECO Fracción de eyección <50%<br>- Al menos 1 lesión coronaria de al menos 70% de obstrucción<br>Isquemia al esfuerzo<br>- ARR arritmia compleja/severa en esfuerzo | R   |                    |
|                       |                    | Crónica   | Revascularización (por cualquier procedimiento) sin isquemia ni ARR severas al esfuerzo | V                  |
|                       | Otras situaciones  | Enfermedad coronaria sin lesiones severas, o sin isquemia o ARR severa al esfuerzo  | V   |                    |
|                       |                    | Puentes musculares o <i>milking</i> (ordeñado) con buena respuesta al tratamiento médico, sin ARR asociada  | A   |                    |
|                       |                    | Espasmo coronario   | A   |                    |
|                       |                    | Enfermedad coronaria microvascular  | A   |                    |



### **Nota complementaria común a las tablas de contraindicaciones y limitaciones para la aptitud deportiva**

Ante patologías o situaciones clínicas no contempladas en las tablas anteriores se remitirá al deportista a un centro o profesional especializado en cardiología, del que se recabará un informe razonado sobre la

aptitud de aquél para la práctica del deporte o especialidad concretos al que se refiera el reconocimiento. Tomando en consideración el citado informe se procederá a la calificación de aptitud del deportista.

En la Tabla 9 se describen la abreviaturas y acrónimos utilizados en las contraindicaciones cardiovasculares.

**Tabla 9. Abreviaturas / acrónimos.**

| <b>Acrónimo</b> | <b>Explicación</b>   |
|-----------------|--|
| ABL             | Ablación en estudio electrofisiológico de estructuras responsables de arritmia   |
| ARR             | Arritmia (habitualmente severa, compleja, progresiva con ejercicio) (habitualmente ventricular)                                  |
| ASI             | Índice de calibre aórtico (aortic size index)  |
| BAV1-2-3        | Bloqueo auriculoventricular de grado 1, 2, 3   |
| BNP (proBNP)    | (Porción N-terminal) del (pro-) péptido natriurético cerebral  |
| BRD,BRI         | Bloqueo de rama derecha, bloqueo de rama izquierda   |
| HBA,HBP         | Hemibloqueo anterior o posterior de la rama izquierda  |
| CF              | Capacidad funcional, capacidad para hacer actividad física sin síntomas o signos interpretables como representantes de patología |
| CIA             | Comunicación interauricular  |
| DVA             | Drenaje venoso pulmonar anómalo  |
| CIV             | Comunicación interventricular  |
| DAP             | Persistencia del <i>Ductus Arteriosus</i>  |
| DTDVI - DTSVI   | Diámetros telediastólico o telesistólico de ventrículo izquierdo   |
| VTDVI - VTSVI   | volúmenes id.  |
| EAo             | Estenosis aórtica valvular   |
| ECCG            | Electrocardiograma de reposo (12 derivaciones clásicas)  |
| EFS             | Estudio electrofisiológico   |
| EMi             | Estenosis mitral   |
| EPu             | Estenosis pulmonar valvular  |
| ETr             | Estenosis tricúspide valvular  |
| EV              | Extrasistolia ventricular  |
| FA              | Fibrilación auricular  |
| FE              | Fracción de eyección (ecocardiografía bidimensional, método validado equivalente y comparable)                                   |
| FLA             | Flúter / aleteo auricular  |
| HT              | Equipo cardiológico ( <i>heart team</i> ), valoración por, remisión a(re)valoración  |
| IAo             | Insuficiencia/regurgitación aórtica valvular   |
| IMi             | Insuficiencia /regurgitación mitral  |
| IPu             | Insuficiencia /regurgitación pulmonar valvular   |
| ITr             | Insuficiencia /regurgitación tricúspide valvular   |
| IQ              | Intervención quirúrgica, indicación de la misma  |
| PAP             | Presión (sistólica) arterial pulmonar  |
| QT, QTc         | Intervalo QT del ECG, intervalo QT corregido (mediante fórmula de Bazertt)   |
| RMN             | Resonancia magnética (nuclear) cardíaca  |
| angioRMN        | angiorresonancia id.   |
| RVP             | Resistencia vascular pulmonar  |
| TAS             | Tensión/presión arterial sistólica (sistémica)   |
| TVNS            | Taquicardia ventricular no sostenida   |
| VI              | Ventrículo/ventricular izquierdo   |

## Contraindicaciones por enfermedades del aparato respiratorio

La Tabla 10 describe las contraindicaciones por enfermedades del aparato respiratorio y sus grados de aplicación.

**Tabla 10. Contraindicaciones por enfermedades del aparato respiratorio<sup>18-31</sup>.**

| Patología                        | Grado  | Contraindicación  |
|----------------------------------|--|---|
| Asma                             | Asma de difícil control  | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA).<br>Contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, montañismo en situaciones de hipoxia ambiental o en bajas temperaturas.<br>Contraindicación absoluta en deportes de riesgo vital en caso de síncope |
| Broncopatía crónica              | Sintomática y mal controlada con el tratamiento  | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA)  |
| Insuficiencia respiratoria       | Con mala saturación arterial de O <sub>2</sub> :<br>a) Saturación basal <90% con hemoglobina normal<br>b) Desaturación progresiva con el ejercicio | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA)<br>Contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, en buceo y montañismo en situaciones de hipoxia ambiental o en bajas temperaturas  |
| Neumotórax espontáneo            | Tratado conservadoramente, si no hay reversión   | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA).<br>Contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, en buceo y montañismo en situaciones de hipoxia ambiental o en bajas temperaturas   |
|                                  | Tratado quirúrgicamente  | Contraindicación absoluta temporal 1 mes  |
|                                  | Tratado quirúrgicamente y con recidiva   | Contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal y en buceo  |
| Tromboembolia pulmonar           | Hasta 3 meses después de la resolución del cuadro<br>Nota: Ver fármacos anticoagulantes y antiagregantes   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Enfermedad intersticial pulmonar | Sintomática y mal controlada con el tratamiento  | Contraindicación absoluta   |
| Cirugía torácica                 | Hasta el alta médica   | Contraindicación absoluta para buceo  |

## Contraindicaciones por enfermedades endocrino-metabólicas y nutricionales

La Tabla 11 describe las contraindicaciones por enfermedades endocrino-metabólicas y nutricionales, y sus grados de aplicación.

**Tabla 11. Contraindicaciones por enfermedades endocrino-metabólicas y nutricionales<sup>18,56</sup>.**

| Patología  | Grado  | Contraindicación  |
|--|--|---|
| Hipertiroidismo  | No controlado con el tratamiento   | Contraindicación absoluta   |
| Hipercolesterolemia familiar   | Tipo homocigótico. Adecuadamente tratada, con cifras de colesterol razonables y sin evidencia de enfermedad cardiovascular   | Se permiten los deportes de intensidad estática y dinámica baja (clase IA)  |
|  | Si no se cumplen los criterios del supuesto anterior   | Contraindicación absoluta   |
| Obesidad   | IMC>40 kg/m <sup>2</sup> , hasta bajar de ese índice   | Contraindicación absoluta   |
|  | IMC>35-39,9 kg/m <sup>2</sup> , hasta bajar de ese índice  | Solo se permite participación en deportes de baja intensidad (clase IA)   |
| Diabetes mellitus  | Mal controlada con el tratamiento, con glucemia >250 mg/dl, con hipoglucemias frecuentes, de difícil control en el esfuerzo, o incapacidad del paciente para controlar y monitorizar su glucemia | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA).<br>Contraindicación absoluta en deportes de conducción de vehículos, buceo, vela y montañismo con situaciones de frío e hipoxia |
| Alteraciones del metabolismo de los aminoácidos y de los ácidos grasos       |  | Contraindicación relativa. Se debe individualizar en cada caso, pero en general solo se permitirán deportes de intensidad estática y dinámica baja (clases IA y IB)   |
| Alteraciones del metabolismo de las purinas y las pirimidinas                |  | Contraindicación relativa. Se debe individualizar en cada caso, pero en general solo se permitirán deportes de intensidad estática y dinámica baja (clases IA y IB)   |
| Glucogenosis y otras alteraciones del metabolismo de los hidratos de carbono |  | Contraindicación relativa. Se debe individualizar en cada caso, pero en general solo se permitirán deportes de intensidad estática y dinámica baja (clases IA y IB)   |

IMC: índice de masa corporal.

## Contraindicaciones por enfermedades infecciosas

La Tabla 12 describe las contraindicaciones por enfermedades infecciosas y sus grados de aplicación.

**Tabla 12. Contraindicaciones por enfermedades infecciosas<sup>18,31,57</sup>.**

| Patología  | Grado  | Contraindicación  |
|--|--|---|
| Tuberculosis                                       | Activa   | Contraindicación absoluta   |
| Mononucleosis infecciosa                           | Hasta la normalización de los marcadores analíticos y la objetivación de la vuelta a la normalidad del tamaño del bazo | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA)                                |
|  | Con analítica normal y objetivación de la vuelta a la normalidad del tamaño del bazo                                   | Contraindicación absoluta temporal 1 semana más en deportes de contacto o con riesgo de contacto corporal |
| Enfermedad febril aguda                            | Hasta el cese de la fiebre y de los síntomas acompañantes  | Contraindicación absoluta temporal  |
| Infección por virus de la inmunodeficiencia humana | En fase sintomática y con marcada inmunodeficiencia  | Contraindicación absoluta temporal  |
| Cualquier infección                                | Hasta su resolución  | Contraindicación absoluta temporal  |
| Covid persistente                                  | Hasta la resolución de patología mayor   | Contraindicación relativa temporal  |



## Contraindicaciones por enfermedades nefrourológicas

La Tabla 13 describe las contraindicaciones por enfermedades nefrourológicas y sus grados de aplicación.

**Tabla 13. Contraindicaciones por enfermedades nefrourológicas<sup>18,31</sup>.**

| Patología  | Grado  | Contraindicación  |
|--|--|---|
| Insuficiencia renal                              | Activa   | Contraindicación absoluta   |
| Glomerulonefritis                                | Hasta 3 meses después del episodio   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Riñón único                                      |  | Contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
|  | Adultos y adolescentes mayores de 14 años  | Contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
|  | Niños, hasta 14 años, con riñón único normal, con imágenes recientes que confirmen la posición normal y la anatomía del riñón único, y sin evidencia de insuficiencia renal, hipertensión ni proteinuria. Advertir que cuando superen esa edad no podrán participar en el deporte escogido | Sin contraindicación  |
|  | Niños, hasta 14 años, con riñón único, que no cumplan con todos los criterios del apartado anterior  | Decisión de práctica deportiva por parte del médico especialista que proceda (nefrólogo, urólogo, oncólogo)                   |
| Mioglobinuria y hematuria orgánica               |  | Contraindicación absoluta   |
| Proteinuria lesional permanente                  |  | Contraindicación absoluta   |
| Varicocele                                       | Hasta resolución   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Hidrocele  | Hasta resolución   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Criptorquidia                                    | Hasta resolución   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Torsión testicular                               | Hasta resolución   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Orquitis   | Hasta resolución   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Epididimitis                                     | Hasta resolución   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Neoplasia testicular                             | Hasta resolución   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Patología prostática                             | Crónica  | Contraindicación absoluta en deportes de conducción de vehículos, incluido el ciclismo  |
|  | Si se corrige mediante tratamiento (cáncer de próstata, etc.)  | Contraindicación absoluta temporal  |
| Trasplante renal, hepático, cardíaco y de médula |  | Contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, y en deportes de conducción de vehículos |

## Contraindicaciones por enfermedades oftalmológicas

La Tabla 14 describe las contraindicaciones por enfermedades oftalmológicas y sus grados de aplicación.

**Tabla 14. Contraindicaciones por enfermedades oftalmológicas<sup>18,58</sup>.**

| Patología                                   | Grado   | Contraindicación   |
|---|---|--|
| Desprendimiento de retina                   | Incluso intervenido quirúrgicamente   | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA), salvo autorización por oftalmólogo   |
| Patología retiniana, coroidea o pupilar     |   | Contraindicación absoluta para buceo y boxeo   |
| Miopía                                      | Avanzada (agudeza visual decimal <0,5)  | Contraindicación absoluta para buceo, paracaidismo y deportes de montaña por encima de 1200 m (riesgo de desprendimiento de retina)  |
|   | >3 dioptrías  | Contraindicación absoluta para buceo, boxeo y artes marciales en las que se permite todo tipo de contacto y no existe protección facial  |
| Otras alteraciones de la agudeza visual (1) | Agudeza visual <9/10 en cada ojo, salvo corrección (se admite 10/10 en un ojo y 8/10 en el otro). Visión binocular anómala. Disminución del campo visual. Visión estereoscópica anómala. Degeneración macular | Contraindicación absoluta temporal hasta corrección para deportes de conducción de vehículos y paracaidismo  |
| Glaucoma                                    | De ángulo cerrado   | Contraindicación absoluta para buceo   |
|   | Estadio inicial, de grado moderado o avanzado, por la disminución de la visión periférica   | Permitidos solo deportes con bajo componente estático y dinámico (clase IA)  |
| Patología de la conjuntiva                  | Hasta la resolución del cuadro  | Contraindicación absoluta para deportes de nieve, natación y deportes de contacto  |
| Queratotomía radial                         |   | Contraindicación absoluta para boxeo y deportes de contacto  |
| Ojo único o visión monocular                |   | Contraindicación absoluta para buceo. Valorar la contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal. Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos |
| Prótesis ocular o implante hueco            |   | Contraindicación absoluta para buceo. Valorar la contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
| Hipema                                      | Hasta la resolución total   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Daltonismo                                  |   | Contraindicación absoluta para deportes aéreos y paracaidismo. Considerar las restricciones legales y las normativas específicas en deportes de conducción de vehículos y embarcaciones                  |
| Cataratas                                   |   | Contraindicación temporal hasta la resolución de la patología  |
| Traumatismo ocular                          | Con miopía moderada o alta, por el riesgo de desprendimiento. Mayor riesgo en buceo y deporte en montaña por encima de 1200 m   | Contraindicación temporal hasta el alta por el oftalmólogo   |
| Cirugía ocular previa (2)                   |   | Contraindicación para deportes de combate y de colisión  |

1. Si se usan gafas, deben ser inastillables.

2. Se requiere protección ocular.

## Contraindicaciones por enfermedades del aparato digestivo

La Tabla 15 describe las contraindicaciones por enfermedades del aparato digestivo y sus grados de aplicación.

**Tabla 15. Contraindicaciones por enfermedades del aparato digestivo<sup>18,31</sup>.**

| Patología                          | Grado  | Contraindicación  |
|------------------------------------|--|---|
| Esplenomegalia                     | Palpable   | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA).<br>Contraindicación absoluta en deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal              |
| Hernia abdominal                   | Amplia o con síntomas  | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA)  |
|                                    | Hernia de pared abdominal no intervenida   | Contraindicación absoluta para paracaidismo y deportes que requieren fuerza isométrica (como halterofilia).<br>Contraindicación relativa para deportes de combate y de contacto |
| Hepatomegalia                      |  | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
| Enfermedad inflamatoria intestinal | Reagudización  | Contraindicación absoluta temporal  |
| Hepatitis                          | Viral. Hasta normalizar la clínica y la analítica  | Contraindicación absoluta temporal  |
|                                    | Crónica B y C con cirrosis   | Contraindicación absoluta   |
|                                    | Crónica B y C, sin cirrosis, con buena respuesta al tratamiento                              | Contraindicación absoluta temporal  |
| Hemorroides                        | Con afectación importante, hasta la valoración de la corrección quirúrgica                   | Contraindicación absoluta temporal en halterofilia y deportes de fuerza máxima  |
| Diarrea                            | Con afectación clínica importante o con riesgo de deshidratación, hasta normalizar el cuadro | Contraindicación absoluta temporal  |

## Contraindicaciones por enfermedades del aparato locomotor

La Tabla 16 describe las contraindicaciones por enfermedades del aparato locomotor y sus grados de aplicación.

**Tabla 16. Contraindicaciones por enfermedades del aparato locomotor**<sup>18,31-36,59-65</sup>.

| Patología                      | Grado  | Contraindicación  |
|--------------------------------|--|---|
| Espondilolisis                 | Sintomática o inestable, hasta el cese de los síntomas en todos los deportes que impliquen un aumento de la lordosis lumbar o giros del tronco de repetición, manteniendo este en hiperextensión, como golf, canoa y kayak, gimnasia artística, rítmica y acrobática, natación en estilo braza y mariposa, sincronizada, salto de altura, saltos de trampolín, lucha, judo, equitación, paracaidismo, motocross, remo.<br>Lisis congénitas. Hasta que se confirme que no hay inestabilidad | Contraindicación absoluta temporal hasta resolución si es traumática.<br>Contraindicación relativa en congénitas  |
|                                | Tras cirugía, hasta 6-12 meses   | Contraindicación absoluta   |
| Espondilolistesis              | Sintomática (contractura, dolor) y/o con deslizamiento vertebral <25%, hasta el cese de los síntomas y se compruebe que es estable   | Contraindicación absoluta temporal.<br>Contraindicación absoluta para actividades que impliquen extensión o hiperextensión del raquis   |
|                                | Con deslizamiento vertebral ≥25%, o con cualquier grado de listesis con compromiso neurológico   | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, gimnasia rítmica, gimnasia artística, saltos de trampolín, paracaidismo, deportes ecuestres, motocross, salto de altura en estilo Fosbury, natación en estilos braza o mariposa, natación sincronizada, judo, lucha libre o grecorromana, vela en posiciones de trapecio, halterofilia |
| Inestabilidad cervical         | Postraumática o posquirúrgica. Hasta su resolución y entre 6-12 meses asintomático   | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal.<br>Contraindicación absoluta en deportes de riesgo vital en caso de síncope  |
| Estenosis de canal cervical    | Asintomática   | Sin contraindicación  |
|                                | Sintomática. Hasta su resolución y se compruebe la liberación y estabilidad durante 6/12 meses   | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal.<br>Contraindicación absoluta para deportes de riesgo vital en caso de síncope  |
| Alteraciones odontoideas       | Agenesia, hipoplasia odontoidea y <i>os odontoideum</i>  | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
| Espina bífida                  | Ocultas  | Sin contraindicación  |
| Fusión atlantooccipital        |  | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
| Anomalía de Klippel-Feil       | Tipo I: fusión masiva de las vértebras cervicales y torácicas superiores   | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
|                                | Tipo II: fusión de solo uno o dos espacios intermedios en C3 y por debajo con rango completo de movimiento cervical y sin anomalías occipitocervicales, inestabilidad, enfermedad del disco ni cambios degenerativos   | Sin contraindicación  |
| Hernia discal                  | Sintomática, con compresión del canal medular o radicular  | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, paracaidismo, windsurf, hípica, halterofilia y deportes con cargas axiales importantes y con flexión brusca del tronco   |
| Hipercifosis vertebral         | Grave (>40°)   | Contraindicación absoluta para natación en estilo mariposa, ciclismo y deportes ecuestres   |
| Hiperlordosis vertebral lumbar | Grave o sintomática  | Contraindicación absoluta para la gimnasia rítmica y el judo. Similar a lo descrito en espondilolistesis en cuanto a deportes hasta resolución de síntomas  |

(continúa)

Tabla 16. Contraindicaciones por enfermedades del aparato locomotor<sup>18,31-36,59-65</sup> (continuación).

| Patología  | Grado   | Contraindicación   |
|--|---|--|
| Escoliosis vertebral   | Con ángulo de Cobb $\leq 20^\circ$ , asintomática   | Sin contraindicación   |
|  | Las tratadas con sistemas de fijación o inmovilización que supongan un riesgo para otros en deportes de contacto  | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal  |
|  | Con ángulo de Cobb de 20-30°, asintomática  | Contraindicación relativa para halterofilia y natación en estilo mariposa.<br>Contraindicación relativa para deportes unilaterales, como los de raqueta, lanzamientos, golf, etc.  |
|  | Con ángulo de Cobb de 30-50°, o con progresión de 5° en 6 meses, asintomática   | Contraindicación absoluta para halterofilia y natación en estilo mariposa, y para deportes unilaterales como los de raqueta, lanzamientos, golf, etc.  |
|  | Con ángulo de Cobb > 50°, asintomática  | Contraindicación absoluta, excepto natación, ciclismo y atletismo de fondo   |
|  | Escoliosis vertebral posquirúrgica, después de 1 año de la cirugía con consolidación completa   | Sin contraindicación, excepto para los deportes con cargas axiales y rotacionales (deportes de pelota, tenis, esquí alpino, saltos de trampolín y de esquí, lanzamientos y saltos en atletismo, gimnasia, deportes de contacto y motociclismo) |
| Artrodesis de columna vertebral  | Poscirugía, 6-12 meses  | Contraindicación absoluta temporal   |
|  |   | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal  |
| Espondiloartrosis  | Con mala tolerancia o con déficit neurológico   | Contraindicación absoluta para deportes ecuestres  |
| Enfermedad de Osgood-Schlatter   | Grave, hasta control del cuadro   | Contraindicación absoluta temporal para deportes de salto  |
| Enfermedad de Perthes  | Hasta la resolución de los síntomas   | Contraindicación absoluta temporal<br>Relativa para atletismo de fondo   |
| Otras enfermedades que cursan con necrosis ósea y epifisitis: Sinding-Larsen Johansson, Panner, Freiberg, etc. | Con sintomatología grave, hasta el control del cuadro   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Pie plano  | Grave y sintomático, hasta corrección quirúrgica  | Contraindicación absoluta, excepto para deportes en descarga y deportes en bipedestación con cargas bajas axiales y que no desencadenen sintomatología   |
| Pie cavo   | Grave y sintomático, hasta corrección quirúrgica  | Contraindicación absoluta, excepto para deportes en descarga y deportes en bipedestación con cargas bajas axiales y que no desencadenen sintomatología   |
| Inestabilidad recidivante del hombro   | Por contraindicación quirúrgica, retraso o fracaso de la cirugía  | Contraindicación absoluta para deportes de combate, navegación en solitario, surf, escalada y submarinismo   |
| Fracturas  | No complicadas, hasta su resolución y la desaparición de la sintomatología  | Contraindicación absoluta temporal si el deporte implica la zona afectada  |
|  | Articulares o inestables, no correctamente estabilizadas que puedan suponer un retardo de consolidación, consolidación viciosa, o que puedan derivar en secuelas o limitaciones funcionales | Contraindicación absoluta  |
|  | Secuela importante en miembros inferiores con deformidades o alteración de ejes   | Contraindicación absoluta para paracaidismo, deportes de salto y carrera   |
| Fracturas de estrés  | Hasta su resolución   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Luxaciones   | Hasta su resolución   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Roturas tendinosas   | Hasta la recuperación tras el tratamiento   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Roturas musculares   | Hasta la recuperación tras el tratamiento   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Roturas ligamentosas   | Hasta la recuperación tras el tratamiento   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Enfermedades reumáticas  | Cuadros importantes sintomáticos  | Contraindicación absoluta temporal   |
|  | Crónicas o subagudas, en articulaciones de miembros inferiores  | Contraindicación absoluta para paracaidismo y actividades de salto con cargas axiales intensas   |
|  | Con inestabilidad atlantoaxial  | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o colisión   |

(continúa)



**Tabla 16. Contraindicaciones por enfermedades del aparato locomotor<sup>18,31-36,59-65</sup> (continuación).**

| Patología                                  | Grado   | Contraindicación   |
|--|---|--|
| Limitación funcional articular             | Articulaciones de las manos >50%  | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos   |
|  | Grandes articulaciones >50%   | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos   |
|  | Movilidad anormal del primer dedo y de al menos dos del resto de los dedos de la mano                                     | Contraindicación absoluta para motociclismo  |
|  | Anquilosis articular de rodillas, tobillos, caderas u hombros   | Contraindicación absoluta para paracaidismo, carrera, deportes de salto y pivotaje   |
| Amputaciones                               | Excepto de los dedos de las manos si se conserva la prensión  | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos   |
|  | De un miembro por debajo de la rodilla, aunque lleve prótesis   | Contraindicación absoluta para motociclismo  |
|  | De los dos miembros inferiores  | Contraindicación absoluta para motociclismo  |
|  | Segmento de un miembro  | Contraindicación absoluta para paracaidismo  |
| Prótesis o sustituciones articulares       | Valorar individualmente   | Puede haber contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos y relativa en deportes con sobreuso de articulaciones afectadas   |
|  | Prótesis de miembro superior  | Contraindicación absoluta para motociclismo  |
| Inestabilidad raquídea                     |   | Contraindicación absoluta para deportes que impliquen la posibilidad de un traumatismo craneal/cervical (motociclismo, deportes de combate, rugby, escalada, saltos en gimnasia y natación, halterofilia y golf)<br>Similar a las listesis |
| Limitación severa de la movilidad raquídea | Cervical o toracolumbar   | Contraindicación absoluta para deportes que impliquen la posibilidad de traumatismo craneal/cervical (motociclismo, deportes de combate, rugby, escalada, saltos en gimnasia y natación, halterofilia y golf)                              |
| Lumbociática de repetición                 | En fase hiperálgica   | Contraindicación absoluta para motociclismo, halterofilia, deportes ecuestres, deportes de torsión del tronco (gimnasia, golf, etc.) y de flexión marcada de la columna (salto de longitud...) hasta diagnóstico y tratamiento efectivo    |
| Rabdomiólisis                              | Hasta la normalización de las enzimas hepáticas y la creatina cinasa, desaparición de la clínica y de imágenes de gravead | Contraindicación absoluta temporal   |

## Contraindicaciones por enfermedades neurológicas, neuroquirúrgicas y psiquiátricas

La Tabla 17 describe las contraindicaciones por enfermedades neurológicas, neuroquirúrgicas y psiquiátricas, y sus grados de aplicación.

**Tabla 17. Contraindicaciones por enfermedades neurológicas, neuroquirúrgicas y psiquiátricas**<sup>18,31,66,67</sup>.

| Patología  | Grado  | Contraindicación  |
|--|--|---|
| Epilepsia y crisis convulsivas de otra etiología | Mal controlada con el tratamiento  | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal.<br>Contraindicación absoluta para deportes de riesgo vital en caso de síncope.<br>Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos y práctica deportiva en solitario |
|  | Aún controlada con tratamiento   | Contraindicación absoluta para boxeo y otros deportes de lucha en los que pueda existir KO  |
|  | Crisis convulsivas con pérdida de consciencia durante el último año  | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos, deportes aéreos, buceo y montañismo. Transcurrido 1 año sin crisis: sin contraindicación  |
|  | Crisis convulsivas o con pérdida de consciencia durante el sueño. Se deberá constatar que ha transcurrido 1 año solo con estas crisis y solo durante el sueño  | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos, deportes aéreos, buceo y montañismo. Transcurrido 1 año sin crisis: sin contraindicación  |
|  | Crisis epilépticas o convulsivas repetidas sin influencia sobre la consciencia ni sobre la capacidad de actuar. Se deberá constatar que ha transcurrido 1 año solo con este tipo de crisis   | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos, deportes aéreos, buceo y montañismo. Transcurrido 1 año sin crisis: sin contraindicación  |
|  | En crisis epiléptica o convulsiva provocada por un factor causante identificable se deberá aportar un informe neurológico favorable en el que conste, además, un periodo libre de crisis de 6 meses  | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos, deportes aéreos, buceo y montañismo. Transcurridos 6 meses sin crisis: sin contraindicación   |
|  | En caso de primera crisis o única no provocada, se deberá acreditar un periodo libre de crisis de 6 meses mediante informe neurológico   | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos, deportes aéreos, buceo y montañismo. Transcurridos 6 meses sin crisis: sin contraindicación   |
|  | Si se produce una crisis convulsiva o con pérdida de consciencia durante un cambio o retirada de medicación, se deberá acreditar 1 año libre de crisis una vez restablecido el tratamiento antiepiléptico. A criterio neurológico se podrá impedir la conducción desde el inicio de la retirada del tratamiento y durante el plazo de 6 meses tras el cese | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos, deportes aéreos, buceo y montañismo. Transcurrido 1 año sin crisis: sin contraindicación  |
| Traumatismo craneoencefálico                     | Hasta la total desaparición de síntomas psíquicos, cognitivos y sensitivo-motores  | Contraindicación absoluta temporal  |
| Esclerosis múltiple                              | En brotes sintomáticos   | Contraindicación absoluta temporal  |
| Miopatías  | En fase sintomática  | Contraindicación absoluta temporal  |
| Neuropatía periférica                            | En fase sintomática  | Contraindicación absoluta temporal  |
| Patología psiquiátrica                           | Con riesgo de suicidio   | No se permiten los deportes que se practican en solitario   |
|  | Antecedentes y patología establecida   | Contraindicación absoluta para boxeo y otros deportes de combate, y buceo   |
| Cefalea  | Intensa, de esfuerzo o con escasa respuesta al tratamiento   | Contraindicación absoluta temporal  |

(continúa)

**Tabla 17. Contraindicaciones por enfermedades neurológicas, neuroquirúrgicas y psiquiátricas<sup>18,31,66,67</sup> (continuación).**

| Patología                                | Grado   | Contraindicación  |
|--|---|---|
| Malformación de Arnold Chiari tipo I (1) | Sintomática por compresión del tronco encefálico, por herniación de las amígdalas o por trastornos de la circulación del líquido cefalorraquídeo (cefalea pulsátil, dolor cervical intenso, provocados por tos, estornudo, hacer fuerza, cambiar de postura o esfuerzo físico, lo que puede causar un aumento de la presión intracraneal) | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal y deportes que provoquen Valsalva intenso (tipo halterofilia) |
|  | Pacientes asintomáticos en quienes se descubrió la anomalía tras una evaluación diagnóstica por conmoción cerebral  | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
|  | Pacientes asintomáticos, tras el hallazgo casual de la anomalía y con autorización del neurocirujano  | Sin contraindicación  |
| Tratamiento permanente con psicótrópos   | Mientras persista el tratamiento  | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos, deportes aéreos, tiro olímpico, tiro con arco y deportes de combate             |

## Contraindicaciones por enfermedades dermatológicas

La Tabla 18 describe las contraindicaciones por enfermedades dermatológicas y sus grados de aplicación.

**Tabla 18. Contraindicaciones por enfermedades dermatológicas<sup>18,68-75</sup>.**

| Patología  | Grado  | Contraindicación   |
|--|--|--|
| Infecciones por virus del papiloma humano (VPH) (verrugas)   | Hasta la resolución del cuadro   | Contraindicación absoluta temporal en deportes que usen colchón, colchoneta, tapiz o tatami  |
| Impétigo   | Hasta pasadas 72 horas con tratamiento antibiótico, 48 horas sin nuevas lesiones y no haya exudación   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Micosis  | Si no se puede aislar la zona afectada totalmente para evitar contacto con otras personas y mientras las lesiones estén activas  | Contraindicación absoluta temporal hasta la curación para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, y para deportes que usen colchón, colchoneta, tapiz o tatami |
| Foliculitis, forúnculos, ántrax, abscesos, celulitis, erisipela  | Hasta pasadas 72 horas con tratamiento antibiótico, 48 horas sin nuevas lesiones y no haya exudación. En caso de infección por <i>Pseudomonas</i> se deben individualizar las recomendaciones, por la posibilidad de contacto piel con piel (deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, y para deportes que usen colchón, colchoneta, tapiz o tatami) | Contraindicación absoluta temporal   |
| Heridas  | Sintomáticas y con riesgo de mala cicatrización mientras estén activas o sangrando   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Cortes y abrasiones  | Si no pueden cubrirse o hasta su resolución  | Contraindicación absoluta temporal en deportes de contacto   |
| Molusco contagioso   | Dependiendo de su localización, mientras las lesiones estén activas  | Contraindicación absoluta temporal para deportes de contacto y que usen colchón, colchoneta, tapiz o tatami  |
| Pediculosis  | En presencia de infestación activa y hasta su resolución   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Urticaria y angioedema (colinérgica, a frigore, por presión, acuagénica, solar, anafilaxia inducida por ejercicio) | Dependiendo del grado de control   | Contraindicación relativa  |
| Angioedema hereditario   | Dependiendo del grado de control   | Contraindicación relativa  |
| Dermatitis atópica   | Dependiendo del grado de control   | Contraindicación relativa para deportes acuáticos  |
| Tratamiento con retinoides por vía oral  | Dependiendo de la sintomatología (fatiga, artralgias, fotosensibilidad, colonización por estafilococos, elevación CPK)   | Contraindicación relativa  |

## Contraindicaciones por enfermedades hematológicas

La Tabla 19 describe las contraindicaciones por enfermedades hematológicas y sus grados de aplicación.

**Tabla 19. Contraindicaciones por enfermedades hematológicas**<sup>18,31,33,36,76</sup>.

| Patología   | Grado  | Contraindicación  |
|---|--|---|
| Trastornos de la coagulación (hemofilia, enfermedad de Von Willebrand y otras coagulopatías graves) (1) | Sin tratamiento profiláctico   | Contraindicación absoluta para deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal   |
|   | Con tratamiento profiláctico, valorar por hematólogo la realización de deportes teóricamente contraindicados (1)   | Posible participación en deportes que no sean de contacto y sin riesgo de colisión o caída, siempre que lo permita el hematólogo  |
| Enfermedades plaquetarias (trombocitopenias o trombopatías)   | Con riesgo de hemorragia, en especial con cifras de plaquetas <50.000  | Contraindicación absoluta para deportes con riesgo de herida y deportes de contacto, con riesgo de colisión corporal o caída  |
| Fármacos anticoagulantes y antiagregantes   |  | Contraindicación absoluta para deportes con riesgo de herida y deportes de contacto, con riesgo de colisión corporal o caída  |
| Hemoglobinopatías   | Alteraciones heterocigotas o rasgos talasémicos (talasemia menor) sin anemia   | Sin contraindicación  |
|   | Alteraciones heterocigotas o rasgos talasémicos (talasemia menor) con anemia (Hb <10 gr/dl), y talasemia   | Contraindicación absoluta para deportes de intensidad dinámica alta (clases CI, CII y CIII)   |
|   | Anemia falciforme o síndrome drepanocítico (enfermedad)  | Contraindicación absoluta para deportes de alta intensidad, submarinismo y en condiciones extremas de temperatura. En niños se debe alentar a participar en actividades deportivas siempre en la medida de sus posibilidades y de su tolerancia física, con periodos más frecuentes de descanso y mayor hidratación |
|   | Rasgo falciforme (portador). El diagnóstico no es en sí mismo una justificación para la descalificación del deporte de competición, pero hay que tomar las siguientes estrategias preventivas:<br>a) Descanso e hidratación adecuados para minimizar la probabilidad de que ocurra un evento en el terreno deportivo<br>b) Conocer las estrategias médicas de emergencias agudas si se produce un incidente médico<br>c) Especial cuidado en deportistas que compiten o entrenan en alta temperatura o humedad ambiental o altitud extrema | Posible contraindicación absoluta para deportes de alta intensidad dinámica (clases IC, IIC y IIIC)   |
| Anemias carenciales (déficits de hierro, de vitamina B12, de ácido fólico...)                           | Sintomática, de cualquier naturaleza, hasta la recuperación de la normalidad   | Contraindicación absoluta temporal (mientras Hb <10 gr/dl)  |
| Oncohematología (leucemias agudas, linfomas y mielomas)   |  | Contraindicación absoluta para ejercicio de alta y media intensidad   |

1. Previamente a la organización de cualquier programa deportivo se deben evaluar las situaciones de riesgo y los protocolos de actuación en caso de emergencia.

## Contraindicaciones por otros síndromes, enfermedades y cuadros clínicos

La Tabla 20 describe las contraindicaciones por otros síndromes y enfermedades, y sus grados de aplicación.

**Tabla 20. Contraindicaciones por otros síndromes, enfermedades y cuadros clínicos<sup>18,31,33</sup>.**

| Patología  | Grado   | Contraindicación   |
|--|---|--|
| Alteraciones iónicas sanguíneas                    | Hipernatremia, hiponatremia, hiperpotasemia, hipopotasemia, hipercalcemia, hipocalcemia, hiperfosforemia, hipofosforemia, hipermagnesemia, hipomagnesemia, hasta la normalización de las cifras | Contraindicación absoluta temporal   |
| Cualquier cirugía                                  | No descrita específicamente en otro apartado  | Contraindicación absoluta temporal, hasta la recuperación total  |
| Hipoacusia neurosensorial                          |   | Contraindicación absoluta para deportes de disparo de armas y en buceo   |
| Otosclerosis y otospongiosis                       |   | Contraindicación absoluta para buceo   |
| Pérdida o ausencia de órgano de audición, sordera  | Pérdida o ausencia de un órgano de audición   | Contraindicación absoluta para deportes de disparo de armas  |
|  | Sordera unilateral total  | Contraindicación absoluta para buceo   |
| Alteraciones del oído medio                        |   | Contraindicación absoluta para paracaidismo y deportes aéreos  |
| Obstrucción de la trompa de Eustaquio              | Permanente  | Contraindicación absoluta para paracaidismo, buceo y deportes aéreos   |
| Mastoiditis  | Intervenida   | Contraindicación absoluta para buceo   |
| Traqueotomía                                       | Permanente  | Contraindicación absoluta para buceo   |
| Laringocele  |   | Contraindicación absoluta para buceo   |
| Alteración del equilibrio                          | Si es permanente  | Contraindicación absoluta para motociclismo, paracaidismo, vuelo libre, patinaje artístico, buceo, ciclismo, escalada y montañismo |
| Malformación o afectación de la cavidad bucal      | Grave   | Contraindicación absoluta para paracaidismo  |
| Malformación o afectación de las vías aéreas altas | Grave   | Contraindicación absoluta para paracaidismo  |
| Urticaria por frío                                 |   | Contraindicación absoluta para windsurf y deportes de invierno   |
| Acrocianosis, enfermedad de Raynaud                | Grave   | Contraindicación absoluta para windsurf y para deportes en los que no se pueda mantener una temperatura suficiente en las manos    |
| Enfermedad palmar de Dupuytren                     |   | Contraindicación absoluta para windsurf y pelota a mano  |
| Toxicomanía  |   | Contraindicación absoluta  |
| Alcoholismo  |   | Contraindicación absoluta  |
| Toma de fármacos que induzcan somnolencia          | Mientras persista el tratamiento  | Contraindicación absoluta para deportes de riesgo vital en caso de síncope   |
| Síntomas agudos                                    | Diarrea, vómito, mareo, cansancio, disnea, etc., en función del grado de afectación y con necesidad de estudio hasta su diagnóstico   | Contraindicación absoluta temporal   |
| Golpe de calor                                     | Con riesgo de recidiva y tras la evaluación de riesgos y factores desencadenantes   | Contraindicación absoluta relativa en situaciones de temperatura y humedad elevadas  |
| Hipoglucemia                                       | De repetición, con síncope o afectación del grado de consciencia  | Contraindicación absoluta para deportes de conducción de vehículos, deportes aéreos, buceo y montañismo                            |
| Polimiositis/dermatomiositis                       |   | Solo se permite la participación en deportes de baja intensidad (clase IA)   |



## Bibliografía

- World Health Organization. Physical activity strategy for the WHO European Region 2016-2025. Regional Committee for EUROPE. 65th session Vilnius, Lithuania, 14-17 September 2015. EUR/RC65/9. 65th session + EUR/RC65/Conf.Doc./4. 2015.
- Kraus WE, Bittner V, Appel L, Blair SN, Church T, Després JP, et al. American Heart Association Physical Activity Committee of the Council on Lifestyle and Metabolic Health, Council on Clinical Cardiology, Council on Hypertension, and Council on Cardiovascular and Stroke Nursing. The National Physical Activity Plan: a call to action from the American Heart Association: a science advisory from the American Heart Association. *Circulation*. 2015; 131:1932-40.
- Manonelles P, De Teresa C, Alacid F, Álvarez J, Del Valle M, Gaztañaga T, et al. Deporte recreacional saludable. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Arch Med Deporte*. 2016; 33(Supl 2):8-40.
- Manonelles P, Franco L, Alvero JR, Alejandro J, Arquer A, Arriaza R, et al. Reconocimientos médicos para la aptitud deportiva. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Arch Med Deporte*. 2017; 34(Supl 1):9-30.
- Manonelles Marqueta P, Luengo Fernández E, Franco Bonafonte L (coordinadores), Álvarez-Garrido H, Alvero Cruz JR, Archanco Olcese M, et al. Contraindicaciones para la práctica deportiva. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Arch Med Deporte*. 2018; 35(Supl. 2):6-45.
- Van Hare GF, Ackerman MJ, Evangelista JA, Kovacs RJ, Myerburg RJ, Shafer KM, Warnes CA, Washington RL; American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee of Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Disease in Young, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Functional Genomics and Translational Biology, and American College of Cardiology. Eligibility and Disqualification Recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 4: Congenital Heart Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology. *Circulation*. 2015; 132:e281-91.
- Maron BJ, Chaitman BR, Ackerman MJ, Bayés de Luna A, Corrado D, Crosson JE, et al. for the Working Groups of the American Heart Association Committee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention; Councils on Clinical Cardiology and Cardiovascular Disease in the Young. Recommendations for physical activity and recreational sports participation for young patients with genetic cardiovascular diseases. *Circulation*. 2004;109:2807-16.
- Maron BJ, Barry JA, Poole RS. Pilots, hypertrophic cardiomyopathy, and issues of aviation and public safety. *Am J Cardiol*. 2004;93:441-4.
- 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 Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2343-9.
- Ley 41/2002, de 14 de noviembre, Básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. *BOE*. núm. 274, de 15 noviembre de 2002. p. 40126-32.
- Constitución Española. Art. 43. Madrid; 1978.
- Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad. *BOE*. núm. 102, de 29 de abril de 1986. p. 10499.
- Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud pública. *BOE*. núm. 240, de 5 de octubre de 2011. p. 104593-626.
- Ley Orgánica 3/2013, de 20 de junio, de Protección de la salud del deportista y lucha contra el dopaje en la actividad deportiva. *BOE*. núm. 148, de 21 de junio de 2013. p. 46652-99.
- Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO. Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980-2006. *Circulation*. 2009;119:1085-92.
- Manonelles-Marqueta P, Aguilera-Tapia B, Boraita Pérez A, Pons de Beristain C, Suárez-Mier MP. Estudio de la muerte súbita en deportistas españoles. *Investigación Cardiovascular*. 2006;9:55-73.
- Bonow RO, Nishimura RA, Thompson PD, Udelson JE. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 5: Valvular heart disease: A scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2385-92.
- Sistema de reconocimientos médicos para la práctica del deporte. Grupo de Trabajo de la Comisión de Control y Seguimiento de la Salud y el Dopaje. Consejo Superior de Deportes. Madrid; 2016 (Consultado el 13/7/2018). Disponible en: <http://femede.es/documentos/Documento%20RMD%2001-12.pdf>.
- Boraita A, Baño A, Berrazueta JR, Lamiel R, Luengo E, Manonelles P, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata (I). *Arch Med Deporte*. 2001;81:9-31.
- Boraita A, Baño A, Berrazueta JR, Lamiel R, Luengo E, Manonelles P, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología sobre la actividad física en el cardiópata (II). *Arch Med Deporte*. 2001;82:101-33.
- Van Hare GF, Ackerman MJ, Evangelista JK, Kovacs RJ, Myerburg RJ, Shafer KM, et al. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 4: Congenital heart disease: A scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2372-84.
- Maron BJ, Udelson JE, Bonow RO, Nishimura RA, Ackerman MJ, Estes NAM 3rd, et al. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 3: Hypertrophic cardiomyopathy, arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and other cardiomyopathies, and myocarditis: A Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2362-71.
- Zipes DP, Link MS, Ackerman MJ, Kovacs RJ, Myerburg RJ, Estes NAM 3rd. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 9: Arrhythmias and conduction defects: A Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2412-23.
- Black HR, Sica D, Ferdinand K, White WB. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 6: Hypertension: A Scientific Statement from the American Heart Association and the American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2393-7.
- Braverman AC, Harris KM, Kovacs RJ, Maron BJ. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 7: Aortic diseases, including Marfan syndrome: A Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2398-405.
- Thompson PD, Myerburg RJ, Levine BD, Udelson JE, Kovacs RJ. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 8: Coronary artery disease: A Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2406-11.
- Borjesson M, Dellborg M, Niebauer J, LaGerche A, Schmied C, Solberg EE, et al. Recommendations for participation in leisure time or competitive sports in athletes-patients with coronary artery disease: a position statement from the Sports Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur Heart J*. 2018 Jul 19. doi: 10.1093/eurheartj/ehy408.
- Ackerman MJ, Zipes DP, Kovacs RJ, Maron BJ. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 10: The Cardiac channelopathies: A Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2424-8.
- Biffi A, Delise P, Zeppilli P, Giada F, Pelliccia A, Penco M, et al. Italian Society of Sports Cardiology and Italian Sports Medicine Federation. Italian cardiological guidelines for sports eligibility in athletes with heart disease: part 1. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2013;14:477-99.
- Biffi A, Delise P, Zeppilli P, Giada F, Pelliccia A, Penco M, et al. Italian Society of Sports Cardiology and Italian Sports Medicine Federation. Italian cardiological guidelines for sports eligibility in athletes with heart disease: part 2. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2013;14:500-15.
- Carletti M. *Idoneità sportiva*. Memorix. Milan: Edi-Ermes; 2001.
- Torg JS. Cervical spine injuries and the return to football. *Sports Health*. 2009;1:376-83.
- Maron BJ, Harris KM, Thompson PD, Eichner ER, Steinberg MH. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 14: Sickle cell trait: A Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2444-6.
- Moeller JL. Contraindications to athletic participation: cardiac, respiratory, and central nervous system conditions. *Phys Sportsmed*. 1996;24:47-58.
- Moeller JL. Contraindications to athletic participation: spinal, systemic, dermatologic, paired-organ, and other issues. *Phys Sportsmed*. 1996;24:56-70.
- Rice SG; American Academy of Pediatrics Council on Sports Medicine and Fitness. Medical conditions affecting sports participation. *Pediatrics*. 2008;121:841-8.
- Committee on Sports Medicine and Fitness. American Academy of Pediatrics. Medical conditions affecting sports participation. *Pediatrics*. 2001;107:1205-9.
- Ley 44/2003, de 21 de noviembre, de Ordenación de las profesiones sanitarias. *BOE* núm. 280, de 22 de noviembre de 2003. p. 41442-58.
- Levine BD, Baggish AL, Kovacs RJ, Link MS, Maron MS, Mitchell JH. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task Force 1: Classification of sports: dynamic, static, and impact: A Scientific Statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66:2350-5.

40. Rose AG. Etiology of valvular heart disease. *Curr Opin Cardiol*. 1996;11:98-113.
41. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Guyton RA, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:2438-88. [Correcciones en: *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:2489.]
42. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, Capodanno D, et al. ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022;43:561-632.
43. Van Buuren F, Gati S, Sharma S, Papadakis M, Adami PE, Niebauer J, et al. Athletes with valvular heart disease and competitive sports: a position statement of the Sport Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*. 2021;28:1569-78.
44. Reybrouck T, Mertens L. Physical performance and physical activity in grown-up congenital heart disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2005;12:498-502.
45. Takken T, Giardini A, Reybrouck T, Gewillig M, Hövels-Gürich HH, Longmuir PE, et al. Recommendations for physical activity, recreation sport, and exercise training in paediatric patients with congenital heart disease: a report from the Exercise, Basic & Translational Research Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the European Congenital Heart and Lung Exercise Group, and the Association for European Paediatric Cardiology. *Eur J Prev Cardiol*. 2012;19:1034-65.
46. Budts W, Börjesson M, Chessa M, van Buuren F, Trigo Trindade P, Corrado D, Heidbuchel H, Webb G, et al. Physical activity in adolescents and adults with congenital heart defects: individualized exercise prescription. *Eur Heart J*. 2013;34:3669-74.
47. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, Budts W, Chessa M, Diller GP, et al. ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease. *Eur Heart J*. 2021;42:563-645.
48. Budts W, Pielers GE, Roos-Hesseliink JW, Sanz de la Garza M, D'Ascenzi F, Giannakoulas G, et al. Recommendations for participation in competitive sport in adolescent and adult athletes with Congenital Heart Disease (CHD): position statement of the Sports Cardiology & Exercise Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC), the European Society of Cardiology (ESC) Working Group on Adult Congenital Heart Disease and the Sports Cardiology, Physical Activity and Prevention Working Group of the Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC). *Eur Heart J*. 2020;41:4191-4199.
49. Banegas JR. Epidemiología de la hipertensión arterial en España. Situación actual y perspectivas. *Hipertens Riesgo Vasc*. 2005;22:353-62.
50. Benjamin EJ, Virani SS, Callaway CW, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, et al. American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2018 Update: A report from the American Heart Association. *Circulation*. 2018;137:e67-e492.
51. Maron BJ. Sudden death in young athletes. *N Engl J Med*. 2003;349:1064-75.
52. Del Valle Soto M, Manonelles Marqueta P, De Teresa Galván C, Franco Bonafonte L, Luengo Fernández E, Gaztañaga Aurrekoetxea T. Prescripción de ejercicio físico en la prevención y tratamiento de la hipertensión arterial. Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Arch Med Deporte*. 2015;32:281-312.
53. Boraita A, Heras ME, Morales F, Marina-Breyse M, Canda A, Rabadan M, et al. Reference values of aortic root in male and female white elite athletes according to sport. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2016;9:e005292.
54. Parker MW, Thompson PD. Assessment and management of atherosclerosis in the athletic patient. *Prog Cardiovasc Dis*. 2012;54:416-22.
55. Heran BS, Chen JM, Ebrahim S, Moxham T, Oldridge N, Rees K, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;(7):CD001800.
56. Gargallo-Fernández M, Escalada-San Martín J, Chico-Ballesteros A, Lecumberri-Pascual E, Tejera-Pérez C, Fernández-García JC, et al. *Recomendaciones clínicas para la práctica del deporte en personas con diabetes mellitus (guía récord)*. Actualización 2021. Área de conocimiento de diabetes Mellitus de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición (SEEN).
57. Shephard RJ. Exercise and the athlete with infectious mononucleosis. *Clin J Sport Med*. 2017;27:168-78.
58. Rodríguez V, Gallego I, Zarco D. *Visión y deporte*. Barcelona: Glosa; 2010.
59. Green BN, Johnson C, Moreau W. Is physical activity contraindicated for individuals with scoliosis? A systematic literature review. *J Chiropr Med*. 2009;8:25-37.
60. Fraguas Castany A, Font Vila F, González Lago L. Espondilolisis en el deportista de élite. *Revista de Ortopedia y Traumatología*. 1993;37-1B:281-5.
61. Engelhardt M, Reuter I, Freiwald J, Böhme T, Halbsguth A. and spondylolisthesis: correlation with sport. *Orthopade*. 1997;26:755-9.
62. D'Hemecourt PA, Zurakowski D, Kriemler S, Micheli LJ. Spondylolysis: returning the athlete to sports participation with brace treatment. *Orthopedics*. 2002;25:653-7.
63. Bouras T, Korovessis P. Management of spondylolysis and low-grade spondylolisthesis in fine athletes. A comprehensive review. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2015;25(Suppl 1): S167-75.
64. Niederer D, Wilke J, Füzéki E, Banzer W. Sporting loads to spondylolysis of lumbar spine: the return-to-play process. *Orthopade*. 2014;43:1100-5.
65. Katzman WB, Wanek L, Shepherd JA, Sellmeyer DE. Age-related hyperkyphosis: its causes, consequences, and management. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40:352-60.
66. Meehan WP 3rd, Jordaan M, Prabhup SP, Carew L, Mannix RC, Proctor MR. Risk of athletes with Chiari malformations suffering catastrophic injuries during sports participation is low. *Clin J Sport Med*. 2015;25:133-7.
67. Strahle J, Geh N, Selzer BJ, Bower R, Himedan M, Strahle M, et al. Sports participation with Chiari I malformation. *J Neurosurg Pediatr*. 2016;17:403-9.
68. Wilson EK, Deweber K, Berry JW, Wilckens JH. Cutaneous infections in wrestlers. *Sports Health*. 2013;5:423-37.
69. Williams C, Wells J, Klein R, Sylvester T, Sunenshine R; Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Notes from the field: outbreak of skin lesions among high school wrestlers—Arizona, 2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2015;64:559-60.
70. Landry GL, Chang CJ. Herpes and tinea in wrestling: managing outbreaks, knowing when to disqualify. *Phys Sportsmed*. 2004;32:34-41.
71. Anderson BJ. Managing herpes gladiatorum outbreaks in competitive wrestling: the 2007 Minnesota experience. *Curr Sports Med Rep*. 2008;7:323-7.
72. Derya A, Ilgen E, Metin E. Characteristics of sports-related dermatoses for different types of sports: a cross-sectional study. *J Dermatol*. 2005;32:620-5.
73. Pickup TL, Adams BB. Prevalence of tinea pedis in professional and college soccer players versus non-athletes. *Clin J Sport Med*. 2007;17:52-4.
74. Landry GL, Chang CJ, Mees PD. Treating and avoiding herpes and tinea infections in contact sports. *Phys Sportsmed*. 2004;32:43-4.
75. De Luca JF, Adams BB, Yosipovitch G. Skin manifestations of athletes competing in the summer olympics: what a sports medicine physician should know. *Sports Med*. 2012;42:399-413.
76. Ross C, Goldenberg NA, Hund D, Manco-Johnson MJ. Athletic participation in severe hemophilia: bleeding and joint outcomes in children on prophylaxis. *Pediatrics*. 2009;124:1267-72.

## Relación de autores

**Álvarez-Garrido, Helena.** Especialista en Dermatología. Hospital Universitario de Fuenlabrada. Fuenlabrada (Madrid).

**Archanco Olcese, Miguel.** Especialista en Medicina Física y Rehabilitación. Hospital Clínico San Carlos. Profesor asociado Facultad de Medicina, Universidad Complutense. Madrid.

**Arnaudas Roy, Carmen.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Subdirección General de Ciencias del Deporte. Consejo Superior de Deportes. Madrid.

**Arriaza Loureda, Rafael.** Especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Instituto Médico Arriaza y Asociados. Cátedra HM de Traumatología del Deporte de la Universidad de A Coruña. La Coruña.

**Bellver Vives, Montserrat.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Responsable del Departamento de Medicina Asistencial del CAR de Sant Cugat-Consorcio Hospitalario de Terrassa. Terrassa (Barcelona). Vocal de la Junta Directiva de la Sociedad Catalana de Medicina del Deporte.

**Blasco Redondo, Raquel.** Médico especialista en Medicina Interna. Responsable de la Unidad de Medicina Interna del Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León (CEREMEDE). Profesora de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid. Valladolid.

**Boraita Pérez, Araceli.** Especialista en Cardiología. Madrid.

**Brotos Cuixart, Daniel.** Doctor en Medicina. Especialista en Medicina del Deporte. Director de "La Unitat d'Esport i Salut" del Consell Català de l'Esport. Departament de Presidència. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

**Brugada Terradellas, Josep.** Catedrático de Cardiología, Universidad de Barcelona. Consultor sénior cardiología, Hospital Clínic y Hospital pediátrico Sant Joan de Déu. Barcelona. España.

**Calatayud Pérez, Juan.** Jefe de Servicio de Neurocirugía del Hospital Clínico Universitario de Zaragoza. Zaragoza.

**Cárdenes León, Aridane.** Especialista en Cardiología. Hospital Universitario de Gran Canaria Dr. Negrín. Las Palmas de Gran Canaria.

**Correa González, Gonzalo María.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Vicepresidente de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. Médico asistencial en Mutualidad de Futbolistas Extremeños. Médico asistencial en Fremap. Badajoz.

**Chiacchio Sieira, Miguel.** Responsable del Servicio de Medicina del Deporte. Clínica Juaneda. Palma de Mallorca.

**Del Valle Soto, Miguel.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Editor de Archivos de Medicina del Deporte. Catedrático de la Facultad de Medicina. Escuela de Medicina del Deporte. Universidad de Oviedo. Oviedo.

**Elías Ruiz, Vicente.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Mutualidad de Futbolistas Españoles (Logroño, La Rioja). Jefe Médico Federación Riojana de Fútbol. Logroño.

**Ferrer López, Vicente.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Director de los servicios médicos de la Federación de Fútbol de Castilla-La Mancha. Profesor asociado de la Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Albacete.

**Franco Bonafonte, Luis.** Doctor en Medicina. Especialista en Medicina del Deporte. Responsable de Medicina del Deporte. Secretario general de la Sociedad Española de Medicina del Deporte. Zaragoza.

**Galmés Sureda, Bernardo J.** Servicio de Hematología (Trombosis y Hemostasia). Hospital Universitario Son Espases. Palma de Mallorca.

**García Zapico, Pedro.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Servicio de Medicina Deportiva. Clínica Ovimed. Oviedo.

**Gaztañaga Aurrekoetxea, Teresa.** Médico Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Unidad de Medicina del Deporte Kirolbidea - Hospital de Día Quironsalud Donostia. San Sebastián (Guipúzcoa). Presidenta de la Sociedad Vasca de Medicina del Deporte (EKIME). San Sebastian.

**González Lago, Luis.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Responsable Médico Sasaki Baskonia. Grupo Baskonia-Alavés. Vitoria.

**Grazioli, Gonzalo.** Especialista en cardiología. Barcelona. Aptima Centre Clinic. Terrassa. Barcelona.

**Gutiérrez Ortega, Fernando.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Director del Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes. Madrid.

**Jiménez Díaz, Fernando.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Profesor de la Universidad de Castilla-La Mancha. Director de la Cátedra Internacional de Ecografía Músculo Esquelética (UCAM). Toledo.

**Jiménez Mangas, Ricardo.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Responsable de la Unidad de Medicina del Deporte del Hospital Quironsalud de San Sebastián (Kirolbidea SLP). San Sebastián (Guipúzcoa).

**Lizarraga Sainz, Kepa.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Diputación Foral de Bizkaia-Bizkaiko Foru Aldundia. Bilbao.

**Llorca Garnero, Jeroni.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Arena Salud. Alicante.

**Luengo Fernández, Emilio.** Especialista en Cardiología. Director de la Escuela de Cardiología del Deporte de la SEMED. Zaragoza.

**Manonelles Marqueta, Pedro.** Catedrático Extraordinario y Director de la Cátedra Internacional de Medicina del Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM). Zaragoza. Junta de Gobierno de la SEMED.

**Manuz González, Begoña.** Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Centro Médico Deportivo B. Manuz. Torrelavega (Cantabria).

**Martínez González-Moro, Ignacio.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Grupo de Investigación de Ejercicio Físico y Rendimiento Humano. Profesor titular de la Universidad de Murcia. Murcia.

**Monserrat, Silvia.** Cardióloga. Hospital Clínic Barcelona, Consorci Hospitalari de Vic.

**Montalvo Zenarruzabeitia, Zigor.** Responsable de la Unidad de Control de Rendimiento del Centro de Medicina Deportiva de la AEPSAD. Jefe de los servicios médicos de la Federación de Triatlón. Madrid.

**Morillas Martínez, Juan Miguel.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Clínica de Medicina del Deporte de Lorca. Lorca (Murcia). Presidente de la AMD.

**Muñoz Farjas, Elena.** Especialista en Neurología. Hospital Clínico de Zaragoza. Zaragoza.

**Novella María-Fernández, Fernando.** Jefe del servicio médico del Patronato Municipal de Deportes de Fuenlabrada. Profesor de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) de la UPM. Madrid. Miembro de ImFine® ResearchGroup - UPM.

**Ocejo Viñals, Concepción María.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Castro-Urdiales (Cantabria).

**Orizaola Paz, José Luis.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Especialista en Medicina del Trabajo. Médico del Real Racing Club de Santander. Santander.

**Palacios Gil de Antuñano, Nieves.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte y en Endocrinología y Nutrición. Jefa de la Unidad de Medicina, Endocrinología y Nutrición. Centro de Medicina del Deporte. Subdirección General de Ciencias del Deporte. Consejo Superior de Deportes. Madrid.

**Pérez Ansón, Javier.** Asistencia Médica del Servicio Contra Incendios de Salvamento y Protección Civil del Ayuntamiento de Zaragoza. Zaragoza.

**Rubio Pérez, Francisco Javier.** Responsable de la Unitat Medicina Esport. Hospital Universitari Sant Joan de Reus. Responsable de la Unitat Medicina Esport del Hospital Comarcal Amposta. Centre de Tecnificació

Esportiva Terres de l'Ebre. CSD. Generalitat Catalunya. Profesor asociado de la Facultad de Ciencias de la Salud, URV Reus.

**Salom Portella, Fernando.** Responsable del Gabinete de Medicina Deportiva. Area de Deportes. Consell Insular de Menorca. Menorca.

**Sánchez Martínez, José.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Director del Centro de Medicina del Deporte del Ayuntamiento de San Javier. San Javier (Murcia).

**Sánchez Ramos, Ángel.** Médico especialista en Medicina Física y Rehabilitación. Coordinador médico del Centro de Rehabilitación y Medicina del Deporte Eurosport. Profesor Colaborador de la Universitat Internacional de Catalunya– Universitat de Barcelona. Barcelona. Miembro de la Junta Directiva de la Societat Catalana de Medicina de l'Esport.

**Segura Casado, Luis.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Servicio de Medicina Deportiva del Ayuntamiento de Tudela. Tudela (Navarra).

**Terrados Cepeda, Nicolás.** Médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Director de la Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias-Fundación Deportiva Municipal de Avilés. Oviedo.

**Terreros Blanco, José Luis.** Director de la Agencia Estatal Comisión Española para la Lucha Antidopaje en el Deporte, CELAD. Madrid.

## ANEXO 1. Clasificación de los deportes según sus solicitaciones estáticas y dinámicas, y como deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal, o deportes de riesgo vital en caso de síncope<sup>39</sup>.

|                              | A. Dinámico bajo   | B. Dinámico moderado   | C. Dinámico alto   |
|------------------------------|--|--|--|
| <b>I. Estático bajo</b>      | Billar<br>Bolos<br>Cricket<br>Curling<br>Golf<br>Petanca<br>Tiro olímpico <sup>b</sup>   | Béisbol<br>Softbol<br>Pelota<br>Tenis dobles<br>Tenis de mesa<br>Voleibol<br>Esgrima   | Atletismo fondo<br>Atletismo marcha<br>Bádminton<br>Esquí de fondo clásico <sup>a,b</sup><br>Fútbol <sup>a</sup><br>Hockey hierba <sup>a</sup><br>Orientación <sup>b</sup><br>Pádel<br>Squash <sup>a</sup><br>Tenis  |
| <b>II. Estático moderado</b> | Automovilismo <sup>a,b</sup><br>Buceo <sup>b</sup><br>Hípica <sup>a,b</sup><br>Motociclismo <sup>a,b</sup><br>Tiro con arco <sup>b</sup><br>Deportes aeronáuticos <sup>a,b</sup>   | Atletismo saltos<br>Atletismo velocidad<br>Fútbol americano <sup>a</sup><br>Gimnasia rítmica<br>Natación sincronizada <sup>b</sup><br>Patinaje artístico <sup>a</sup><br>Rugby <sup>a</sup><br>Surf <sup>a,b</sup> | Atletismo medio fondo<br>Baloncesto <sup>a</sup><br>Balonmano<br>Esquí de fondo ( <i>skating</i> )<br>Hockey hielo <sup>a</sup><br>Lacrosse <sup>a</sup><br>Natación   |
| <b>III. Estático alto</b>    | Atletismo lanzamientos <sup>b</sup><br>Artes marciales <sup>a</sup><br>Bobsleig <sup>a,b</sup><br>Escalada <sup>a,b</sup><br>Esquí acuático <sup>a,b</sup><br>Halterofilia <sup>b</sup><br>Gimnasia artística <sup>a,b</sup><br>Luge <sup>a,b</sup><br>Saltos de esquí <sup>a,b</sup><br>Vela<br>Windsurf <sup>a,b</sup> | Culturismo<br>Esquí alpino <sup>a,b</sup><br>Lucha <sup>a</sup><br>Skateboarding <sup>a,b</sup><br>Snowboard <sup>a,b</sup>  | Atletismo pruebas combinadas <sup>b</sup><br>Boxeo <sup>a,b</sup><br>Ciclismo <sup>a,b</sup><br>Esquí de travesía <sup>a,b</sup><br>Patinaje velocidad <sup>a,b</sup><br>Piragüismo <sup>b</sup><br>Remo <sup>b</sup><br>Triatlón <sup>a,b</sup><br>Waterpolo <sup>a,b</sup> |

<sup>a</sup>Deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal.

<sup>b</sup>Deportes de riesgo vital en caso de síncope.

## ANEXO 2. Deportes de contacto o con riesgo de colisión corporal<sup>18</sup>.

|  |  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Artes marciales</li> <li>• Automovilismo</li> <li>• Boxeo</li> <li>• Ciclismo</li> <li>• Escalada</li> <li>• Esquí alpino</li> <li>• Esquí acuático</li> <li>• Esquí de fondo</li> <li>• Esquí de travesía</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fútbol</li> <li>• Fútbol americano</li> <li>• Gimnasia artística</li> <li>• Lucha</li> <li>• Hípica</li> <li>• Hockeyhierba</li> <li>• Hockeyhielo</li> <li>• Motociclismo</li> <li>• Patinaje artístico</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Patinaje velocidad</li> <li>• Rugby</li> <li>• Saltos de esquí</li> <li>• Snowboard</li> <li>• Squash</li> <li>• Surf</li> <li>• Waterpolo</li> <li>• Windsurf</li> </ul> |
|--|--|--|



### ANEXO 3. Deportes de riesgo vital en caso de síncope<sup>18</sup>.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Atletismo lanzamiento</li><li>• Atletismo pruebas combinadas</li><li>• Automovilismo</li><li>• Boxeo</li><li>• Buceo</li><li>• Ciclismo</li><li>• Escalada</li><li>• Esquí acuático</li><li>• Esquí alpino</li><li>• Esquí de fondo</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Esquí de travesía</li><li>• Gimnasia artística</li><li>• Halterofilia</li><li>• Hípica</li><li>• Motociclismo</li><li>• Natación</li><li>• Natación sincronizada</li><li>• Orientación</li><li>• Patinaje velocidad</li><li>• Piragüismo</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Remo</li><li>• Saltos de esquí</li><li>• Snowboard</li><li>• Surf</li><li>• Tiro con arco</li><li>• Tiro olímpico</li><li>• Vela</li><li>• Waterpolo</li><li>• Windsurf</li></ul> |
|---|--|---|

# Método MasQsano. Detección de enfermedades cardiacas no conocidas en reconocimientos médicos deportivos

Antonio Rodríguez Martínez, Pablo Berenguel Martínez

MasQsano S.L.P.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00143

**Recibido:** 26/10/2022  
**Aceptado:** 06/03/2023

## Resumen

El reconocimiento médico deportivo es considerado como un punto de partida para cualquier deportista antes de incorporarse a la actividad física o deportiva. Su objetivo principal es la detección de patologías que pudieran poner en riesgo su vida y aquellas que una vez corregidas pueden potenciar el rendimiento físico. Es por ello por lo que debe realizarse por un equipo de salud multidisciplinario experto en el área. De esta manera, resulta importante revisar la evidencia científica y conocer directamente el estado de salud de un grupo de adultos y niños deportistas, su incidencia de enfermedades cardiovasculares y el rol de la enfermería en su aplicación. Este estudio, evaluó una muestra de 7.340 deportistas con edades comprendidas entre los 3 y 17 años, compuesta de 1.693 femeninos y 5.647 masculinos, a los cuales se les realizó el reconocimiento médico deportivo, de acuerdo con un protocolo registrado y establecido previamente en los clubes deportivos de 2 provincias españolas con el apoyo del personal de enfermería durante el año 2021. De estos, se obtuvo un total de 112 casos de patologías cardiacas, de los cuales el 54% tenía conocimiento de patología cardiaca y el 64% no era conocido. De este grupo de patologías cardiacas no conocidas, el 5,9% de los casos requirió intervención quirúrgica, el 21,1% se encuentra en revisión y el 73% fue dado de alta. El total de casos con patologías cardiacas no conocida representa un 0,70% de la muestra. Así mismo, se determinó el rol fundamental de enfermería en la aplicación de este protocolo.

## Palabras clave:

Muerte súbita. Electrocardiografía.  
Examen físico. Rendimiento atlético.  
Prevención de enfermedades.

## Key words:

Sudden death. Electrocardiography.  
Physical examination. Athletic  
performance. Disease prevention.

## MasQsano method. Detection of unknown cardiac diseases in sports medical examinations

### Summary

The sports medical examination is considered a starting point for any athlete before taking up physical or sporting activity. Its main objective is to detect pathologies that could put your life at risk and those that, once corrected, can enhance physical performance. This is why it must be carried out by a multidisciplinary health team with expertise in the area. In this way, it is important to review the scientific evidence and learn directly about the health status of a group of adult and child athletes, their incidence of cardiovascular diseases and the role of nursing in their application. This study evaluated a sample of 7340 athletes aged between 3 and 17 years, composed of 1693 females and 5647 males, who underwent a sports medical examination, according to a registered and previously established protocol in sports clubs in 2 Spanish provinces with the support of nursing staff during the year 2021. Of these, a total of 112 cases of cardiac pathologies were obtained, of which 54% were known to have a cardiac pathology and 64% were unknown. Of this group of unknown cardiac pathologies, 5.9% of the cases required surgical intervention, 21.1% are under review and 73% were discharged. The total number of cases with unknown cardiac pathologies represents 0.70% of the sample. The fundamental role of nursing in the application of this protocol was also determined.

2º Accésit premios SEMED a la investigación 2022

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

## Introducción

Son múltiples los beneficios que se pueden conseguir mediante la práctica deportiva. Si nos centramos en la salud de la población, podemos observar que con el paso del tiempo la mejoría es sorprendente, no solo a nivel cardiovascular, respiratorio u orgánico, sino también a nivel anímico y social<sup>1</sup>. El deportista es considerado un paradigma de salud y bienestar, siendo el reflejo de rendimiento máximo y con una salud inquebrantable, excepto en la posible aparición de las lesiones deportivas, agudas, crónicas o por sobreesfuerzo<sup>2</sup>. Por ello, el reconocimiento médico deportivo (RMD) es considerado como un punto de partida para cualquier deportista antes de incorporarse a la actividad física o deportiva. Su objetivo principal es la detección de patologías que pudieran poner en riesgo su vida y aquellas que una vez corregidas pueden potenciar el rendimiento físico<sup>3</sup>. El RMD, actualmente está regulado en el Real Decreto 41/2009. Esta Comisión determinaría la obligación de efectuar el reconocimiento en aquellos deportes que se considerase necesario para una mejor prevención de los riesgos de sus practicantes, teniendo en cuenta las características de la modalidad deportiva, el esfuerzo y las restantes condiciones físicas y ambientales. Actualmente en Andalucía, son el fútbol, baloncesto, balonmano y voleibol.

Las guías europeas y españolas actuales recomiendan el uso de electrocardiograma en las evaluaciones deportivas previas a la participación ya que tiene una alta tasa de identificación de enfermedades cardíacas<sup>4,6</sup>. Estas enfermedades cardíacas, pueden acabar en una muerte súbita del deportista si no son detectadas a tiempo. Sin embargo, debido a la similitud entre algunos hallazgos del electrocardiograma asociados con las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento físico y los de ciertas afecciones cardíacas, la interpretación del electrocardiograma en los atletas suele ser un desafío<sup>7</sup>. Los episodios de muerte súbita del deportista no son frecuentes, pero causan un alto impacto tanto en la comunidad deportiva, médica, de espectadores y familiares que indudablemente, la estrategia principal para prevenirlas, es aplicando el RMD<sup>3</sup>.

El objetivo principal del artículo es identificar la prevalencia de alteraciones cardíacas en deportistas de entre 3 a 17 años de la provincia de Granada y Almería en el año 2021. Los objetivos secundarios son: valorar el estado de salud en de los deportistas en general, realizar un seguimiento de los deportistas con patologías cardíacas y determinar las características de estos.

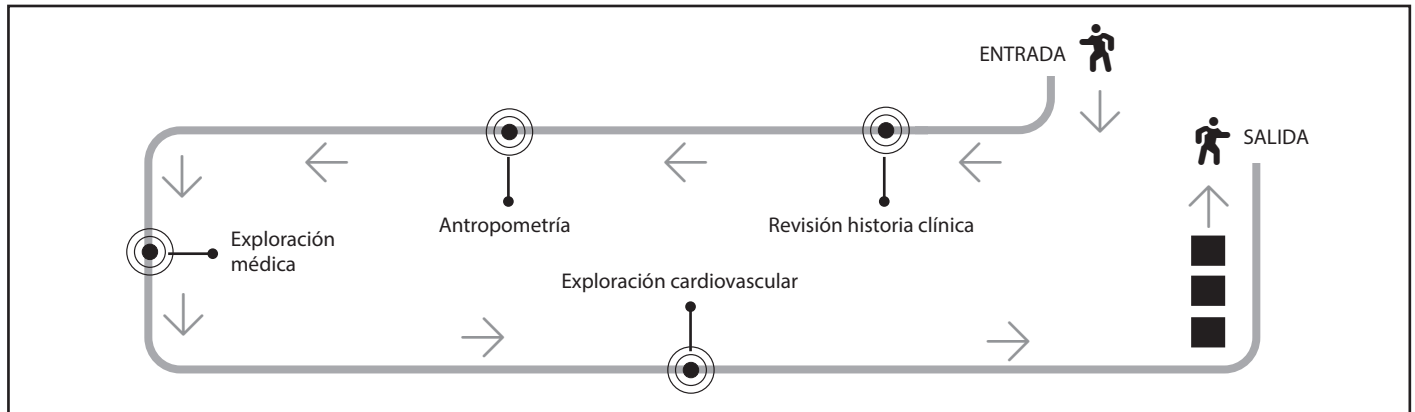
## Material y método

Estudio observacional descriptivo de una cohorte de deportistas que se le realizó un RMD obligatorio para la competición en una empresa de reconocimientos médicos deportivos, MasQsano salud y deporte S.L.P. La muestra fue de 7.340 deportistas con edades comprendidas entre los 3 y 17 años incluidas de clubes de Almería y Granada. Los deportes que practicaban eran fútbol, baloncesto, atletismo, fútbol sala, balonmano, voleibol, rugby y natación. Los clubes pueden ser formados tanto por escuelas deportivas de municipios que inician en la práctica deportiva, como clubes que realizan perfeccionamiento o tecnificación en deportistas con niveles semiprofesionales, los cuales compiten en competiciones a nivel autonómico o nacional. Los criterios de inclu-

sión fueron: deportistas que realizan el RMD en la empresa MasQsano durante los meses de junio a noviembre de 2021 de entre 3 a 17 años. Los criterios de exclusión fueron: Deportistas que realizan el RMD en la empresa MasQsano durante los meses de junio a noviembre y no sufren patología cardíaca previa de entre 3 a 17 años y deportistas que realizan el RMD en la empresa MasQsano durante los meses de junio a noviembre que sufren patología cardíaca previa de entre 3 a 17 años. Las variables principales del estudio son: presencia de enfermedades cardíacas anteriores, antecedentes familiares conocidos, alteraciones definidas en los criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma del deportista y presencia de anomalías en la auscultación cardíaca. Las variables secundarias son: sexo, edad, frecuencia cardíaca, tensión arterial y deporte.

El método usado comienza enviando el formulario para rellenar a cada deportista, el cual debe ser revisado y firmado por un mayor de edad donde se le ofrece la información sobre la protección de datos. El circuito consta de 4 estaciones donde habrá un profesional distinto. La primera estación, consta de la revisión de la historia clínica del deportista, con especial interés en los antecedentes personales y familiares. La función es realizada por enfermería. En segundo lugar, al deportista se le realiza una valoración antropométrica, con mediciones de peso, talla, índice de masa corporal, perímetro abdominal, envergadura de miembros superiores, segmentos de extremidades superiores e inferiores. Además, se realiza una valoración de la huella plantar en estática mediante podoscopio, así como inspección de tobillos, rodillas y espalda. Por último, se realiza una valoración de la agudeza visual mediante la carta de Snellen<sup>8</sup>. Esta estación puede ser realizada por fisioterapeuta o enfermería. La tercera estación, es la exploración médica completa. Engloba la valoración osteoarticular, auscultación cardiopulmonar, valoración neurológica, palpación de pulsos periféricos, dermatológica y general de todos los órganos. Esta estación, es exclusivamente realizada por un facultativo especialista en medicina deportiva. Por último, en la cuarta estación, se realiza la exploración cardiovascular a través del electrocardiograma digital y la monitorización de constantes vitales (Figura 1). Tanto la valoración de antecedentes, la valoración antropométrica como la exploración cardiovascular, son realizados por personal de enfermería, siendo por tanto fundamental el papel realizado en el circuito de reconocimientos ya que es el personal encargado de realizar una intervención educativa con las diferentes patologías detectadas, aconsejar en la práctica deportiva y hacer el seguimiento de aquellos deportistas que requieren de valoración por otros especialistas. El electrocardiograma (ECG) es revisado por un médico de medicina del deporte o en su defecto un médico de medicina comunitaria con experiencia en reconocimientos médicos deportivos. Además, se aplicaron los criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma del deportista o atleta 2017<sup>9</sup>. Los electros que generan discordancia, son evaluados por un cardiólogo independiente y se resolvieron con una lectura consensuada. Los deportistas a los cuales se les detecta una patología cardíaca no conocida, son contactados por el personal de enfermería que guía al deportista, o padres o tutores en caso de menores de edad, para ser derivado al servicio de cardiología del sistema sanitario público. El tiempo aproximado para ser valorado por cardiología varía entre las 2-4 semanas.

**Figura 1. Método de reconocimientos médicos deportivos MasQsano.**



El método cuenta con las directrices de la *European Society of Cardiology* (ESC), la cual recomiendan como método, la aplicación de la historia clínica, el examen físico y el electrocardiograma en reposo<sup>3</sup>. Para ello, se hizo una búsqueda en las bases de datos en línea PubMed, Web of Science, Scopus y Google Scholar, hasta junio de 2022. El estudio contó con el consentimiento del comité ético de investigación provincial de Almería.

Los resultados se presentan como media  $\pm$  desviación estándar para las variables continuas de distribución normal y porcentajes para las variables categóricas. Las variables cuantitativas se analizaron mediante las pruebas de la t de Student, en caso de distribución normal, o la de U de Mant Whhitney en caso de no normal. El nivel de significación se fijó en  $p < 0,05$ . Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa estadístico SPSS 24,0.

## Resultados

Como resultado de esta evaluación, se determinaron 52 casos de patologías cardíacas no conocidas por el deportista, (0,69% de la muestra) con una media de edad de  $10,80 \pm 4,20$  desviación típica. La mediana de 11 años y la moda de 17 años como se detalla en la Tabla 1. El género más común de los deportistas encontrados ha sido el del hombre (71,4%) frente al de la mujer (28,6%) como aparece en la Tabla 2.

El deporte más practicado por los deportistas con patología cardíaca, fue el fútbol, siendo este también el más mayoritario de todos los deportistas reconocidos (Tablas 3 y 4).

Además, hubo 60 casos de patologías cardíacas ya eran conocidas por el deportista (0,82% de la muestra), es decir, que ya tenía conocimiento de su diagnóstico (alteraciones de repolarización un 9,2%, soplos cardíacos 75,4% e hipertrofias de ventrículo izquierdo un 15,4%).

Del grupo de patologías cardíacas no conocidas ( $n = 52$ ), el 5,7% de los casos ( $n = 3$ ) requirió intervención quirúrgica, el 21,1% se encuentra en revisión periódica ( $n = 11$ ) y el 73% ( $n = 38$ ) fue dado de alta (Figura 2).

Sin embargo, a pesar de que el objetivo principal esta investigación es identificar la prevalencia de patologías cardíacas en adultos y niños deportistas, el total de casos con patologías cardíacas sólo representa un

**Tabla 1. Edad de los deportistas a los cuales se les detectó una patología cardíaca.**

| N Válidos         | 56    |
|-------------------|-------|
| Media             | 10,80 |
| Mediana           | 11,00 |
| Moda              | 17    |
| Desviación típica | 4,206 |

**Tabla 2. Género de los deportistas a los cuales se les detectó una patología cardíaca.**

|        | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|--------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Mujer  | 16         | 28,6       | 28,6              | 28,6                 |
| Hombre | 40         | 71,4       | 71,4              | 100,0                |
| Total  | 56         | 100,0      | 100,0             |                      |

**Tabla 3. Deportes practicados por los deportistas con patología cardíaca detectada.**

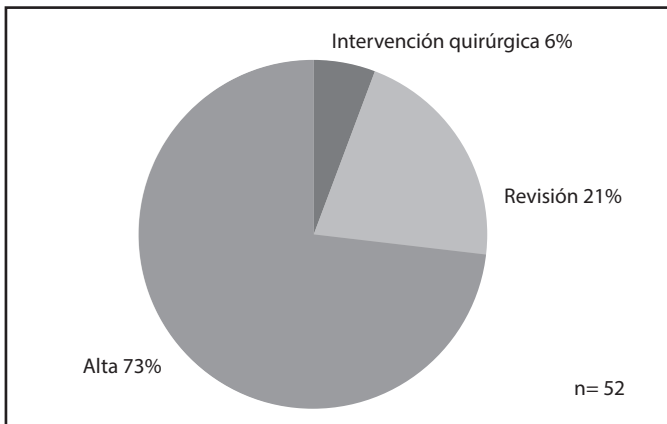
|             | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|-------------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Fútbol      | 38         | 67,9       | 67,9              | 67,9                 |
| Baloncesto  | 12         | 21,4       | 21,4              | 89,3                 |
| Balónmano   | 2          | 3,6        | 3,6               | 92,9                 |
| Voleibol    | 1          | 1,8        | 1,8               | 94,6                 |
| Rugby       | 1          | 1,8        | 1,8               | 96,4                 |
| Atletismo   | 1          | 1,8        | 1,8               | 98,2                 |
| Natación    | 1          | 1,8        | 1,8               | 100,0                |
| Fútbol sala | 0          | 0          | 0                 | 100,0                |
| Total       | 56         | 100,0      | 100,0             |                      |

1,52% de la muestra total: deportistas con patologías cardiacas conocidas y no conocidas. El total de derivaciones fueron 8.268, pudiendo un mismo deportista ser derivado a varios especialistas. El número mayor de derivaciones fue a nutrición (38,47%, n = 3.220), seguido de podología (29,04%, n = 2.431), fisioterapia (20,58%, n = 1.723), oftalmología (5,72%, n = 479), dermatología (3,62%, n = 303) y radiología (1,21% n = 102) y los ya conocidos de cardiología (1,33%, n = 112) (Figura 3).

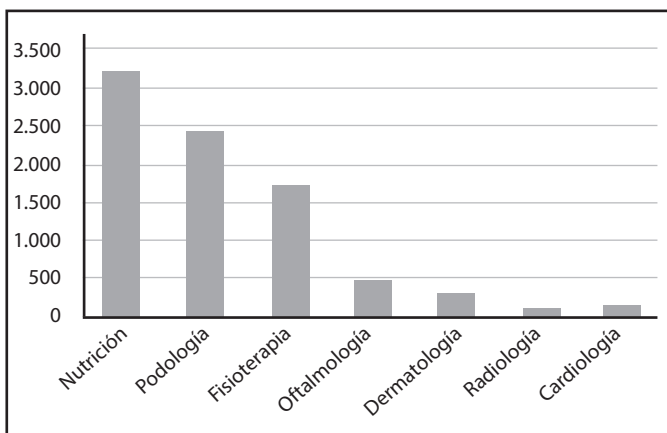
**Tabla 4. Número total de reconocimientos realizados por deporte.**

|             | Número de reconocimientos | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|-------------|---------------------------|------------|-------------------|----------------------|
| Fútbol      | 3.667                     | 49,95      | 49,95             | 49,95                |
| Baloncesto  | 1.439                     | 19,60      | 19,60             | 69,55                |
| Balonmano   | 790                       | 10,76      | 10,76             | 80,31                |
| Voleibol    | 695                       | 9,46       | 9,46              | 89,77                |
| Rugby       | 370                       | 5,04       | 5,04              | 94,81                |
| Atletismo   | 150                       | 2,04       | 2,04              | 96,85                |
| Natación    | 130                       | 1,77       | 1,77              | 98,66                |
| Fútbol sala | 99                        | 1,34       | 1,34              | 99,96                |
| Total       | 7.340                     | 100,0      | 100,0             |                      |

**Figura 2. Evolución de patologías cardiacas detectadas.**



**Figura 3. Derivación a especialistas de los deportistas reconocidos.**



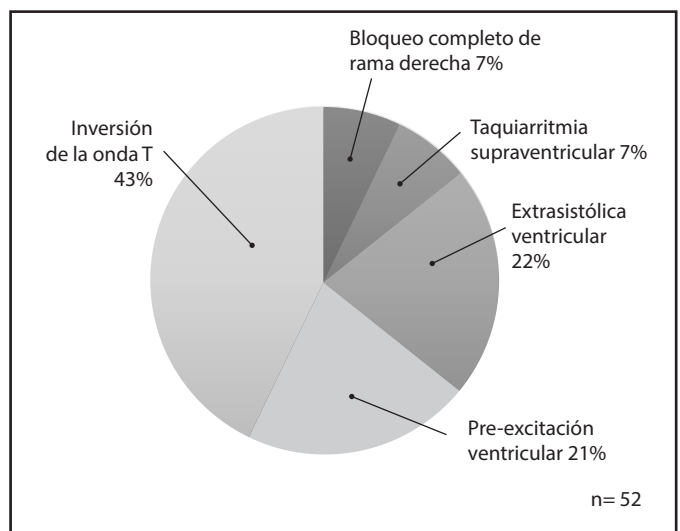
Con la aplicación de los criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma del deportista o atleta 2017<sup>9</sup> en los casos de patologías no conocidas, se realizaron derivaciones a cardiología, presentándose en un 43% inversión de la onda T, 21% pre-excitación ventricular, 22% extrasístolia ventricular, 7% taquiarritmia supraventricular y 7% bloqueo completo de rama derecha (Figura 4).

Por otra parte, el RMD realizado permitió determinar el cese o no de la actividad deportiva en la muestra evaluada. Así, entre la muestra derivada a cardiología por patología no conocida (n = 52), el 61% continuó practicando su actividad deportiva siendo dada de alta por cardiología, el 22% tuvo que cesar la práctica deportiva de manera temporal hasta completar el estudio, siguiendo posteriormente con la práctica deportiva y un 17% tuvo que cesar de manera definitiva la práctica deportiva para la cual realizó el reconocimiento.

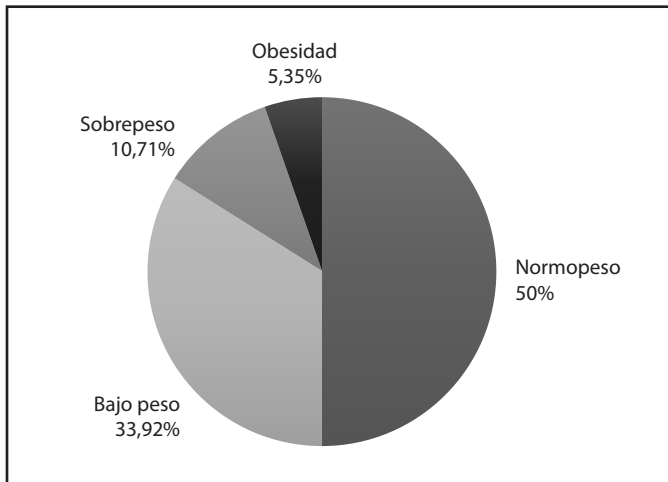
Además, se logró profundizar las características del grupo (n = 112) que fue derivado a la especialidad de cardiología. Se encontró que el 83,92% se comprendía de deportistas masculinos y el 16,07% de femeninos, cuyo rango con mayor cantidad de participantes fue de 0 a 5 años (20,10%); seguido de los mayores de 18 años (15,17%), 8 a 9 años (12,50%), 14 a 15 años (11,60%), y los de 16 a 18 años (9,82%). De esta muestra, el 92,22% son diestros y el 7,78% zurdos.

En relación con la evaluación antropométrica, se utilizó el Índice de Masa Corporal para clasificar el estado nutricional. Para la clasificación de los niveles ponderales mencionados de los deportistas de la muestra total (n = 7.430) se utilizaron los criterios de base de los puntos de corte propuestos por el Grupo de Trabajo sobre Obesidad de la OMS (IOTF, por sus siglas en inglés: *International Obesity Task Force*) para las diferentes situaciones ponderales de niños y adolescentes por edades y sexo de 5 a 19 años y con adultos con los puntos de corte tales como (<18,5 kg/m<sup>2</sup> (bajo peso):18,5 kg/m<sup>2</sup> (normal); 25 kg/m<sup>2</sup> (sobrepeso) y 30 kg/m<sup>2</sup> (obesidad) en adultos<sup>10</sup>. La media de la muestra total fue de 17,64 ± 1,51 kg/m<sup>2</sup>.

**Figura 4. Clasificación de los deportistas según los criterios internacionales para la interpretación del electrocardiograma del deportista o atleta 2017.**





**Figura 5. Clasificación de IMC de los deportistas evaluados.**

A la evaluación resultó un 50% dentro de la normalidad, un 33,92% bajo peso, un 10,71% en sobrepeso y solo el 5,35% con obesidad (Figura 5).

## Discusión

Este estudio se desarrolló con el método del RMD MasQsano, el cual se puede decir, cumple con las directrices de la *European Society of Cardiology* (ESC), la cual recomiendan como método la aplicación de la historia clínica, el examen físico y el ECG en reposo<sup>3</sup>. Ajustándose a la población evaluada, ya que, en el caso de la evaluación de grupos o equipos de deportistas, Moreno<sup>11</sup> señala que pueden organizarse en estaciones, con la colaboración de otros profesionales, como enfermeros, fisioterapeutas, entre otros, haciendo así un método válido para la detección de patologías y riesgos cardíacos en deportistas que pueden contribuir a la Muerte Súbita Cardíaca (MSC).

Para Asif y Drezner<sup>12</sup>, el RMD que incluye la adición de un ECG tiene como ventaja mejorar la capacidad de identificar enfermedades, y los estándares modernos de interpretación de ECG específicos para atletas utilizados por médicos experimentados brindan tasas bajas de falsos positivos, lo que mejora la rentabilidad y preserva la sensibilidad. El ECG ha demostrado ser la herramienta clave para detectar la principal causa de MSD: la miocardiopatía hipertrófica; aunque puede resultar costosa para muchos países, por lo que no se considera obligatoria dentro del protocolo preventivo<sup>13</sup>.

La evidencia ha demostrado que, si los atletas son evaluados, con estos protocolos avanzados tienen el potencial de mejorar la salud y la seguridad durante los eventos deportivos y deben considerarse la mejor práctica en atletas de alto riesgo cuando la infraestructura y la supervisión de cardiología deportiva están fácilmente disponibles<sup>14</sup>.

En esta investigación, se encontró un bajo porcentaje de deportistas con patologías cardíacas, por lo que resulta importante este tipo de evaluaciones, ya que esto representa un desafío para la sanidad pública, la liga o club, el atleta y sus familiares. La mayoría de estas anomalías son trastornos cardíacos hereditarios que pueden estar tratados, pero

pueden predisponer al atleta a la MSC principalmente a través de la arritmia ventricular<sup>13</sup>. Debido a esto, la Sociedad Española de Medicina del Deporte (FEMEDE) señala, sobre la necesidad de un reconocimiento médico que ayude a determinar la aptitud deportiva antes de iniciar la práctica deportiva en toda clase de deportistas, especialmente, en aquellos que tengan como antecedente haber padecido alguna enfermedad en cualquiera de sus grados de afectación<sup>3</sup>.

Además, se contrasta con lo señalado por Moreno<sup>13</sup>, sobre los posibles escenarios en el RMD, donde puede haber ausencia de patologías, presencia de alteraciones leves o moderadas que pueden predisponer al deportista a futuras lesiones o representan un riesgo, patologías que limitan la práctica deportiva porque representan un riesgo para su vida, aunque no requieren de la suspensión de la actividad física de inmediato, y la presencia de patologías que contraindican la actividad física en todas sus modalidades, de manera temporal o definitiva. Sin embargo, en las evaluaciones se pueden encontrar elementos que pueden parecer un problema cardíaco, y por el contrario tratarse de varias adaptaciones estructurales y funcionales dentro del corazón que permiten la generación de un aumento grande y sostenido en el gasto cardíaco y/o un aumento en la presión arterial. La magnitud con la que estos marcadores de remodelación fisiológica se manifiestan en el ECG de superficie se rige por varios factores y algunos atletas muestran cambios eléctricos y estructurales que se superponen con los observados en la miocardiopatía y en las enfermedades de los canales iónicos, que son causas reconocidas de muerte súbita cardíaca en atletas jóvenes y adultos<sup>14</sup>.

Como limitación, se encontró la poca disponibilidad de estudios clínicos que demuestren la efectividad del RMD, así como de estudios enfocados en las patologías encontradas con la aplicación de esta evaluación.

De igual manera, se debe reconocer la importante labor del personal sanitario tanto médico como enfermero en la detección de patologías cardíacas y en la prevención de la MDS ya su rol en estos procedimientos va desde lo educativo, supervisar el equipamiento y organización adecuados para realizar la valoración, brindarles la asesoría necesaria a los deportistas<sup>12</sup>, y ante la presencia de patologías ya diagnosticadas<sup>15</sup>, menciona que se debe orientar a los deportistas en cuanto a medidas de precaución durante el entrenamiento y competición, e incluso si es necesario cambio de actividad deportiva<sup>14</sup>.

A modo de conclusión, el presente estudio determinó una prevalencia de patologías cardíacas en una muestra de 7.430 deportistas de entre 3 a 17 años de la provincia de Granada y Almería en el año 2021 de 1,52%, pero solo el 0,69% del total de la muestra eran no conocidas. Esto permite concluir, que el método MásQsano aplicado para realizar el Reconocimiento Médico Deportivo en deportistas en edades tempranas es efectivo para valorar el estado de salud y determinar la presencia de patologías cardíacas.

Además, se realizó una valoración del estado de salud en de los deportistas en general, se realizó un seguimiento de los deportistas con patologías cardíacas para conocer su evolución final y se determinó las características de los deportistas que fueron derivados a cardiología.

Realizar un RMD al estilo europeo, que incluya la evaluación del ECG, complementa la evaluación médica y facilita la detección de patologías cardíacas que pueden requerir desde la atención médica regularmente, hasta la suspensión de la actividad deportiva de manera

definitiva o permanente, según el nivel de riesgo que signifique para la vida del deportista.

### Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

### Bibliografía

1. Cuesta Hernández M, Calle Pascual A. Beneficios del ejercicio físico en población sana e impacto sobre la aparición de enfermedad. *Endocrinología y Nutrición*. 2013;60:66.
2. Manonelles Marqueta P, Franco Bonafonte L, Alvero Cruz JR, Alejandro Amestoy J, Arquer Porcell A, Arriaza Loureda R, et al. Reconocimientos médicos para la aptitud deportiva. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Arch Med Deporte*. 2017;34(Supl. 1):9-30
3. Alvero Cruz JR, Cabañas MD, Herrero de Lucas A, Martínez Riaza L, Moreno Pascual C, Porta Manzanillo J, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. *Arch Med Deporte*. 2010;137(vol.27):330-4.
4. Brandt A, O'Keefe C. Integration of 12-lead electrocardiograms into preparticipation screenings to prevent sudden cardiac death in high school athletes. *J Pediatr Health Care*. 2019;33:153-61.
5. Aparicio Rodrigo M, Rodríguez-Salinas Pérez E. Dudas sobre la utilidad del cribado masivo con electrocardiograma en deportistas para prevenir la muerte súbita. *Pediatr Aten Primaria*. 2016;18:275-8.
6. Corrado D, Pelliccia A, Bjørnstad HH, Vanhees L, Biffi A, Borjesson M, et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus statement of the study group of sport cardiology of the working group of cardiac rehabilitation and exercise physiology and the working group of myocardial and pericardial diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2005;26:516-24.
7. Serratos Fernández L, Pascual Figal D, Masiá Mondéjar MD, Sanz de la Garza M, Madaria Marijuan Z, Gimeno Blanes JR, et al. Comments on the new international criteria for electrocardiographic interpretation in athletes. *Rev Esp Cardiol*. 2017;70:983-90.
8. Tsui E, Patel P. Calculated Decisions: Visual acuity testing (Snellen chart). *Emerg Med Pract*. 2020;22:CD1-CD2.
9. Drezner JA, Ackerman MJ, Anderson J, Ashley E, Asplund CA, Baggish AL, et al. Electrocardiographic interpretation in athletes: the 'Seattle criteria'. *Br J Sports Med*. 2013;47:122-24.
10. Kêkê LM, Samouda H, Jacobs J, di Pompeo C, Lemdani M, Hubert H, et al. Body mass index and childhood obesity classification systems: A comparison of the French, International Obesity Task Force (IOTF) and World Health Organization (WHO) references. *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2015;63:173-82.
11. Moreno Pascual C. Examen de aptitud deportiva. *Pediatría Integral*. 2012;16:605-16.
12. Asif I, Drezner J. Cardiovascular screening in young athletes: Evidence for the electrocardiogram. *Curr Sports Med Rep*. 2016;15:76-80.
13. Emery M, Kovacs R. Sudden cardiac death in athletes. *JACC Heart Fail*. 2018;6:30-40.
14. Rusconi F. Il paradosso dell'esercizio fisico vigoroso: trigger di morte improvvisa e simultaneamente fattore di protezione sul lungo periodo [Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion]. *Ital Heart J Suppl*. 2001;2:324-6.
15. Trujillo Berraquero F, Calvo Taracido M, Muñoz Calero B. ¿Son útiles los reconocimientos médicos en la prevención de la muerte súbita del deportista?. *Cardiocre*. 2012;47:47-9.

# Lung diffusing capacity after different modalities of exercise at sea level and hypobaric simulated altitude of 4,000 m

Iker García<sup>1,2</sup>, Franchek Drobnic<sup>3</sup>, Beatriz Arrillaga<sup>4</sup>, Yinkiria Cheng<sup>5,6</sup>, Casimiro Javierre<sup>7</sup>, Victoria Pons<sup>2</sup>, Ginés Viscor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Secció de Fisiologia, Departament de Biologia Cel·lular, Fisiologia i Immunologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Barcelona. España. <sup>2</sup>Departament de Fisiologia i Nutrició, Centre d'Alt Rendiment, Sant Cugat del Vallés, Barcelona. España. <sup>3</sup>Medical Services, Shenhua Greenland FC. Shanghai. China. <sup>4</sup>Unit of Human Anatomy and Embryology, Department of Pathology and Experimental Therapeutics, Faculty of Medicine and Health Sciences, University of Barcelona. Hospitalet de Llobregat. España. <sup>5</sup>Departamento de Fisiología y Comportamiento Animal, Facultad de Biología, Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá. Panamá. <sup>6</sup>Centro de Estudios de Recursos Bioticos, Ciudad de Panamá, Panamá. <sup>7</sup>Departament de Ciències Fisiològiques, Facultat de Medicina, Universitat de Barcelona. Hospitalet de Llobregat. España.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00144

Recibido: 09/06/2022  
Aceptado: 28/04/2023

## Summary

**Introduction:** Lung diffusion capacity of carbon monoxide (DL<sub>CO</sub>) provides a measure of gas transfer in the lungs, which increase in relation to exercise and decrease in the presence of lung interstitial disease. The aim of this study is to evaluate the changes in lung diffusion after anaerobic and aerobic exercise in a cycle ergometer.

**Material and method:** The participants were 9 healthy active subjects, including six females and three males (age: 24.3 ± 3.1 years). Lung diffusion capacity for carbon monoxide (DL<sub>CO</sub>) was studied under two different protocols: In the first day, DL<sub>CO</sub> was measured at SL at rest (SL-R), after 30-s maximal exercise (SL-ANA), and after 15-min moderate continuous exercise (SL-AER). In the second day, DL<sub>CO</sub> was evaluated at rest at SL, and then at HA (4,000 m) at rest (HA-R) and after 30-min of moderate interval exercise (HA-AER).

**Results:** There was an increase in DL<sub>CO</sub> from rest to after SL-ANA (32.5 ± 6.4 to 40.3 ± 11.6 mL·min<sup>-1</sup>·mmHg<sup>-1</sup>, P = 0.027). In the second day, DL<sub>CO</sub> was evaluated at rest at SL, and then at HA (4,000 m) at rest (HA-R) and after 30-min of moderate interval exercise (HA-AER). During HA exposure, there was no changes in DL<sub>CO</sub>, either at HA-R, or after HA-AER.

**Conclusions:** Lung diffusion capacity largely increased after 30-s maximal exercise in a cycle ergometer, although the O<sub>2</sub>-dependence is small during this type of anaerobic exercise. Thus, exercise intensity may be a key modulator of the changes in lung diffusing capacity in relation to exercise.

## Key words:

Diffusing capacity. Intermittent hypoxic exercise. High-altitude pulmonary edema. Hypobaric hypoxia.

## Capacidad de difusión pulmonar bajo diferentes modalidades de ejercicio a nivel del mar y en hipoxia hipobárica simulada de 4.000 m

### Resumen

**Introducción:** La difusión pulmonar para el monóxido de carbono (DL<sub>CO</sub>) proporciona una medida de la transferencia de gas en los pulmones, que aumenta con relación al ejercicio y disminuye en presencia de una lesión intersticial pulmonar. El objetivo de este estudio es evaluar los cambios en la difusión pulmonar después de un ejercicio aeróbico y anaeróbico en cicloergómetro.

**Material y método:** Los participantes fueron 9 sujetos físicamente activos, incluyendo seis mujeres (edad: 24,6 ± 3,6 años) y tres hombres (edad: 23,7 ± 1,5 años). La DL<sub>CO</sub> se estudió bajo dos protocolos diferentes: El primer día, la DL<sub>CO</sub> fue medida a nivel del mar en reposo (SL-R), después de un esfuerzo máximo de 30 segundos (SL-ANA), y después de un ejercicio moderado continuo de 15-min (SL-AER). El segundo día, la DL<sub>CO</sub> fue evaluada a nivel del mar en reposo (SL-R), y luego en altitud (4.000 m) en reposo (HA-R) y después de un ejercicio interválico de 30 minutos (HA-AER).

**Resultados:** Se produjo un aumento de la DL<sub>CO</sub> de la SL-R a la SL-ANA (32,5 ± 6,4 a 40,3 ± 11,6 mL·min<sup>-1</sup>·mmHg<sup>-1</sup>, p = 0,027). En el segundo día, la DL<sub>CO</sub> no se modificó después de la exposición en altitud, ya sea en reposo a 4.000 m (HA-R) o después del ejercicio interválico moderado a dicha intensidad (HA-AER).

**Conclusiones:** La difusión pulmonar aumentó ampliamente después de un esfuerzo máximo de 30 segundos en cicloergómetro, aunque la dependencia del oxígeno en este tipo de esfuerzos es pequeña. La intensidad del esfuerzo es un modulador determinante en las modificaciones de la difusión pulmonar con relación al ejercicio.

## Palabras clave:

Capacidad de difusión pulmonar. Ejercicio intermitente en hipoxia. Edema pulmonar de altura. Hipoxia hipobárica.

Correspondencia: Iker García  
E-mail: ikergarciaalday@gmail.com

## Introduction

The physiological benefits of exercise training have long been studied, including cardiac remodelling, increase in capillary density, and improvement of muscle oxidative capacity among others with continuous and interval exercise training<sup>1-3</sup>. However, pulmonary structural and functional capabilities seem to do not significantly change in response to anaerobic nor aerobic training in healthy subjects<sup>4</sup>, except in aquatic sports such as swimming<sup>5</sup> or artistic swimming<sup>6</sup>.

Different exercise modalities have been largely utilized to improve exercise performance and health. During last years, evidence is amounting regarding the positive effect of exercise, from sport high performance to clinical rehabilitation, both in elite athletes and subjects with chronic pathologies<sup>7,8</sup>. However, it remains unknown whether there are acute changes in the structural or functional properties of the lungs in response to anaerobic and aerobic exercise.

Measures of carbon monoxide diffusing capacity of the lungs ( $DL_{CO}$ ) are widely utilized to evaluate the gas conductance from the alveoli to the blood<sup>9</sup>. Acute changes in  $DL_{CO}$  have been already described in relation to exercise. Lung diffusion capacity increase with exercise to meet the demand of  $O_2$  by means of an expansion of the pulmonary capillary network due to the increase in cardiac output and pulmonary perfusion pressure at sea level<sup>10,11</sup>. Then, from rest to peak exercise,  $DL_{CO}$  may increase up to 150%<sup>12</sup>. Consequently, aerobic performance<sup>13</sup>, maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ )<sup>14</sup>, and quality of life<sup>15</sup> has been correlated with  $DL_{CO}$  values. However, in some cases the permeability of the alveolar-capillary barrier has been impaired after exercise<sup>16</sup>, possibly due to pulmonary hypertension and capillary wall stress failure in the lungs<sup>17</sup>.

High-altitude exposure also provokes changes in  $DL_{CO}$  although there is no consensus about the conditions needed to provoke changes in  $DL_{CO}$  in relation to exercise at high-altitude, with some studies describing slightly decrease or increase and other studies finding no changes in  $DL_{CO}$ <sup>18-21</sup>. Although intermittent hypoxic exercise is becoming popular, to the best of our knowledge it remains unclear how lung function cope with this exercise modality.

In this study, we aimed to evaluate the acute changes in  $DL_{CO}$  after different modalities of exercise, at SL and simulated HA under artificial hypobaric conditions. We evaluate  $DL_{CO}$  at SL, after a 30-s maximal intensity exercise (SL-ANA) and after moderate intensity continuous exercise (SL-AER). An additional aim is to analyse whether changes in  $DL_{CO}$  are correlated to power output (watts) performed in the (SL-ANA). Later, we evaluate  $DL_{CO}$  at 4,000 m of HA, at rest (HA-R) and after moderate intensity interval exercise (HA-AER).

## Material and method

### Participants

The participants were 9 healthy non-smoker subjects, including 6 females and 3 males (age:  $24.3 \pm 3.1$  years, height:  $167.9 \pm 9.8$  cm, body mass:  $60.3 \pm 8.7$  kg) with no history of cardiovascular or respiratory abnormalities. All of them were physically active university students who performed on average 3 sessions of moderate exercise per week.

None had asthma, recent upper respiratory tract infections or other respiratory conditions.

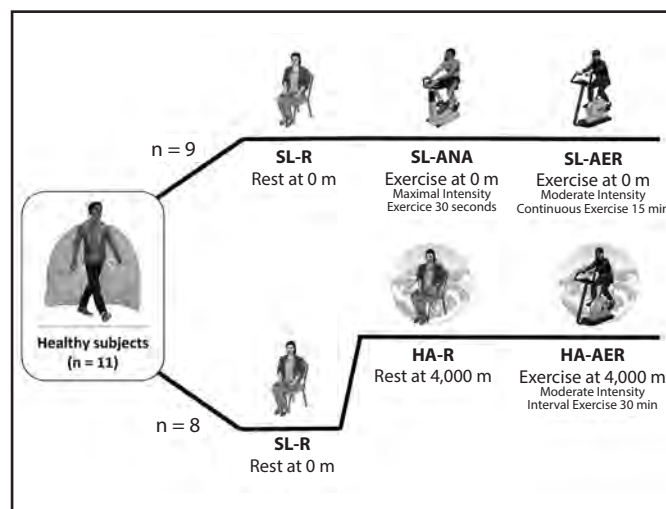
### Experimental design

The participants performed two  $DL_{CO}$  measurements before the start of the study to become familiar with the procedure. A cycle ergometer (in aerobic test: Corival Lode BV, Groningen, Netherlands; in Wingate test: Excalibur Lode BV, Groningen, Netherlands) was used to do the exercise protocols, and a computerized spirometer (Easy One Pro, ndd Medical Technologies, Zurich Switzerland) was used to evaluate  $DL_{CO}$  and other pulmonary parameters.

The participants reported to the laboratory on two occasions. Figure 1 shows a schematic representation of the experimental design. The first day, measurements of lung diffusion capacity were performed at rest at sea level (SL), after 30-seconds maximal intensity exercise (Wingate test) (SL-ANA), and after 15-minutes of continuous aerobic exercise at 30% Watts (W) of the maximal W performed in the Wingate test (SL-AER). The second day, lung diffusing capacity was evaluated in relation to exercise during a short-term exposure to hypobaric HA at 4,000 m. The participants performed another basal measurement in resting condition at sea level (SL-R). Then, they reached the target barometric pressure of 462 torr (equivalent to 4,000 m of altitude) in the hypobaric chamber. After at least 30 minutes of reaching target barometric pressure, measurements were performed again in a resting condition (HA-R), and immediately after 30 minutes of moderate interval exercise at the same artificial high-altitude (HA-AER).

Due to the inability to sustain 15 minutes of continuous exercise at the intensity proposed at SL-AER, the exercise duration was separated in interval sets during HA-AER. The exercise interval protocol consisted of 5 sets with 3 minutes at moderate intensity (30% W of the maximal W performed in the Wingate test) interspersed with 3 minutes of active recovery (25 W). The computerized spirometer utilized to measure  $DL_{CO}$  was placed inside the hypobaric chamber during the HA measurements. Measurements in the HA-AER condition was taken

**Figure 1. Scheme of the study's experimental design.**



between 1 to 2 h after hypoxic exposure. Exercise at HA was monitored by pulse oximeter oxygen saturation ( $S_pO_2$ ) and heart rate (HR) to ensure an optimal health status during exercise. To ensure a safe HA exposure in the unacclimated subjects, there was no Wingate test at 4,000 m.

All the measures considered were "grade A" manoeuvres (>90% of  $VC_{IN}$  and VA within 0.2 L or 5% of largest VA from another acceptable manoeuvre)<sup>22</sup>. In addition, the haemoglobin (Hb) concentration was determined from a small blood sample obtained by venepuncture to adjust  $DL_{CO}$  to individual parameters before the beginning of the study.

## Pulmonary function measurements

The procedure used to obtain diffusion lung capacity parameters was the single-breath method, for which a computerized spirometer was attached to a gas mixture cylinder. This method involves measuring the uptake of CO from the lungs over a short breath-holding period. The recommendations made in a recent joint statement by the American Thoracic Society (ATS) and the European Respiratory Society (ERS) were followed<sup>22</sup>. The participants were placed in a seated position, with a mouthpiece and nose-clip in place throughout the test procedure. The test started with tidal breathing for 2–4 breaths until the subject felt comfortable with the mouthpiece. Then the  $DL_{CO}$  manoeuvre began with an unforced exhalation to residual volume (RV). At residual volume (RV) the subject's mouthpiece was connected to the source of test gas, and the subject inhaled rapidly to maximal inspiration. After that, the participant was asked to hold their breath for 10 s and then exhale completely without interruption in fewer than 4 s and to continue with a tidal breath to finish the test. The test gases mixture used to calculate pulmonary function and diffusion capacity was composed of 0.3% of carbon monoxide (CO), 11% of a tracer inert gas (He) used to measure VA and the initial alveolar CO, a mixture of 20.9% of oxygen ( $O_2$ ) and the remainder was nitrogen ( $N_2$ ). In addition to  $DL_{CO}$  and VA, transfer coefficient of the lung for carbon monoxide ( $K_{CO}$ ), total lung capacity (TLC), vital capacity inspired ( $VC_{IN}$ ) and residual volume (RV) were calculated.

## Ethics approval and consent to participate

The study was developed in accordance with the Helsinki Declaration concerning the ethical principles of human experimentation and approved by the Institutional Ethical Committee from the University of Barcelona (Institutional Review Board number IRB00003099), in accordance with current Spanish legislation. The participants were informed and familiarized with all the experimental procedures, as well as the risks and benefits of the study. They signed an informed consent form and were free to withdraw from the experimental protocol at any time.

## Statistical analysis

Data are reported as mean values  $\pm$  standard deviation (SD). Differences in pulmonary functional and structural parameters between conditions were analysed using a one-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) respectively, and in case of detecting statistical effects ( $P < 0.05$ ), Bonferroni corrections were performed. Effect sizes as partial eta squared ( $\eta^2_p$ ) values were employed to present the magnitude of

differences and statistical power (sp) was also described. The analyses were performed using the SPSS v. 20 (IBM SPSS Statistics, Armonk, New York, USA).

## Results

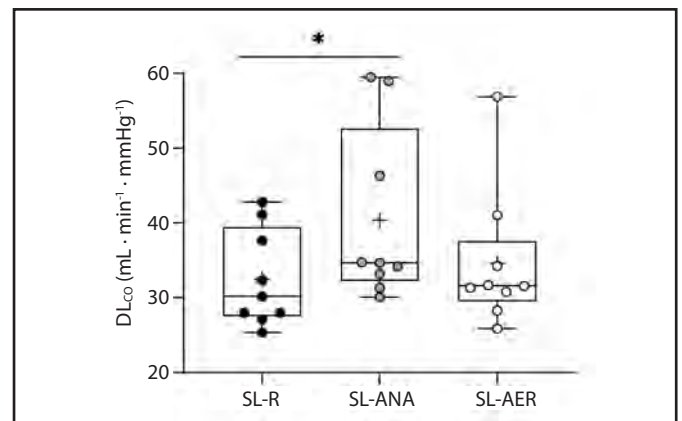
Table 1 shows the response in pulmonary functional and structural parameters to SL conditions. There was a significant interaction between changes in  $DL_{CO}$  and exercise conditions at SL ( $F = 7.82$ ,  $P = 0.004$ ,  $\eta^2_p = 0.49$ ,  $sp = 0.905$ ; Figure 2), including an increase in  $DL_{CO}$  from SL-R to SL-ANA ( $32.5 \pm 6.4$  to  $40.3 \pm 11.6$   $mL \cdot min^{-1} \cdot mmHg^{-1}$ ,  $P = 0.027$ ). However, there was no differences from SL-R to SL-AER ( $P = 0.873$ ) or from SL-ANA to SL-AER ( $P = 0.058$ ). In the case of  $K_{CO}$ , there was also a significant interaction between conditions at sea level and  $K_{CO}$  ( $F = 8.32$ ,  $P = 0.003$ ,  $\eta^2_p = 0.51$ ,  $sp = 0.992$ ), presenting a significant increase from SL-R to SL-ANA ( $P = 0.003$ ).

**Table 1. Pulmonary parameters response to the different conditions studied at sea level (SL): Basal (SL-R), after 30-seconds maximal intensity exercise (SL-ANA), and after moderate intensity continuous exercise (SL-AER).**

|   | SL-R            | SL-ANA            | SL-AER          |
|---|-----------------|-------------------|-----------------|
| $DL_{CO}$ ( $mL \cdot min^{-1} \cdot mmHg^{-1}$ )             | $32.5 \pm 6.4$  | $40.3 \pm 11.6^a$ | $34.7 \pm 9.3$  |
| $DL_{CO}$ (%-predicted)                                       | $126 \pm 11$    | $154 \pm 13$      | $134 \pm 13$    |
| $K_{CO}$ ( $mL \cdot min^{-1} \cdot mmHg^{-1} \cdot L^{-1}$ ) | $6.02 \pm 0.48$ | $6.70 \pm 0.64^a$ | $6.26 \pm 0.71$ |
| $K_{CO}$ (%-predicted)  | $124 \pm 10$    | $138 \pm 10$      | $129 \pm 11$    |
| VA (L)  | $5.39 \pm 0.94$ | $5.97 \pm 1.33$   | $5.58 \pm 1.29$ |
| VA (%-predicted)  | $101 \pm 8$     | $111 \pm 9$       | $104 \pm 11$    |
| TLC (L)   | $5.54 \pm 0.94$ | $6.13 \pm 1.33$   | $5.73 \pm 1.29$ |
| TLC (%-predicted)   | $101 \pm 8$     | $111 \pm 9$       | $104 \pm 11$    |
| $VC_{IN}$ (L)   | $4.01 \pm 0.92$ | $3.89 \pm 0.89$   | $3.84 \pm 0.84$ |
| RV (L)  | $1.54 \pm 0.50$ | $2.23 \pm 0.66^a$ | $1.91 \pm 0.79$ |

<sup>a</sup>Significantly higher than SL-R ( $P < 0.05$ ).

**Figure 2. Changes in  $DL_{CO}$  from sea level at rest (SL-R), to after 30-s maximal exercise (SL-ANA), to after 15-min moderate continuous exercise (SL-AER).**



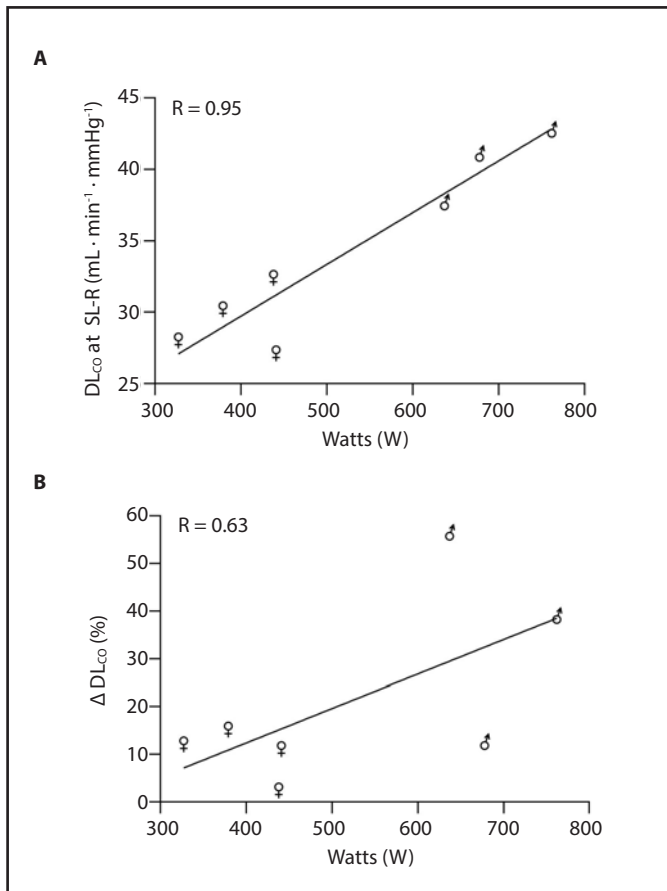
\*Significant differences between conditions ( $P < 0.05$ ).

Regarding lung volumes, there were no significant differences in structural parameters along the SL conditions such as VA ( $P = 0.115$ ), TLC ( $P = 0.115$ ) or RV ( $P = 0.095$ ).

Figure 3 shows the correlation between  $DL_{CO}$  at SL-R and average Watts (W) performed in the Wingate test ( $R = 0.95$ ), in which the studied sample developed an average of  $523 \pm 166$  W and  $8.56 \pm 1.65$  W/Kg in the 30-s of exercise. It is also showed the correlation between the changes in  $DL_{CO}$  ( $\Delta DL_{CO}$ ) from basal to after SL-ANA and the Watts performed at the Wingate test ( $R = 0.63$ ).

Table 2 shows the response in pulmonary functional and structural parameters to HA conditions. At the hypobaric chamber, there were no differences between SL-R, HA-R, and HA-AER in any of the main pulmonary parameters evaluated such as  $DL_{COadj}$  ( $DL_{CO}$  adjusted to barometric pressure) (Figure 4),  $K_{CO}$  and VA.

**Figure 3. (A) Correlation between  $DL_{CO}$  at sea level at rest (SL-R) and the average watts (W) performed after 30-s maximal exercise (SL-ANA), and (B) correlation between the changes in  $DL_{CO}$  ( $\Delta DL_{CO}$ ) from SL-R to SL-ANA and the W performed at SL-ANA.**



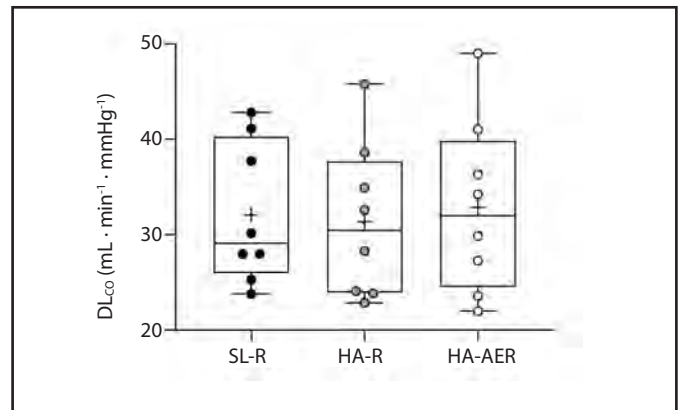
## Discussion

The main finding of this study was the high increase in  $DL_{CO}$  (+24%) after 30-s maximal intensity exercise (Wingate test) in a cycle ergometer when compared to rest. However, after 15-min of moderate intensity

**Table 2. Pulmonary parameters response to the different environmental and exercise conditions studied at 4,000 m high-altitude (HA): Sea level at rest (SL-R), simulated high-altitude at rest (HA-R) and simulated high-altitude immediately at the end of exercise (HA-AER).**

|  | SL-R        | HA-R        | HA-AER      |
|--|-------------|-------------|-------------|
| $DL_{COadj}$ (mL·min <sup>-1</sup> ·mmHg <sup>-1</sup> )                 | 32.1 ± 6.7  | 31.4 ± 8.2  | 32.9 ± 9.1  |
| $DL_{COadj}$ (%-predicted)   | 121 ± 13    | 118 ± 14    | 125 ± 17    |
| $K_{COadj}$ (mL·min <sup>-1</sup> ·mmHg <sup>-1</sup> ·L <sup>-1</sup> ) | 5.93 ± 0.48 | 5.73 ± 0.85 | 6.09 ± 0.70 |
| $K_{COadj}$ (%-predicted)  | 122 ± 10    | 118 ± 16    | 128 ± 21    |
| VA (L)   | 5.39 ± 0.95 | 5.51 ± 1.28 | 5.42 ± 1.43 |
| VA (%-predicted)   | 99 ± 9      | 101 ± 15    | 98 ± 12     |
| TLC (L)  | 5.54 ± 0.95 | 5.66 ± 1.28 | 5.57 ± 1.43 |
| TLC (%-predicted)  | 99 ± 9      | 101 ± 15    | 99 ± 12     |
| VCIN (L)   | 4.06 ± 0.88 | 3.83 ± 0.88 | 3.99 ± 0.94 |
| RV (L)   | 1.48 ± 0.51 | 1.83 ± 0.51 | 1.59 ± 0.66 |

**Figure 4. Changes in  $DL_{CO}$  from sea level at rest (SL-R), to simulate altitude at rest (HA-R), to after 30-min moderate interval exercise (HA-AER).**



exercise,  $DL_{CO}$  returned to resting levels, suggesting that exercise intensity may be a key modulator of pulmonary function in healthy subjects.

During HA exposure, there were no changes in any pulmonary parameter during the exposure to 4,000 m in the hypobaric chamber (HA-R and HA-AER), suggesting that pulmonary system of healthy subjects cope well with a short-term conditional exposure to exercise and high altitude.

## Changes in $DL_{CO}$ in relation to exercise at SL

The Wingate test is considered the most common test to evaluate anaerobic (sprint) cycling performance. In our study, lung diffusing capacity ( $DL_{CO}$  and  $K_{CO}$ ) increased more in this short and explosive exercise compared to 15-min of moderate intensity continuous exercise.

To the best of our knowledge, this is the first study that evaluates acute changes in  $DL_{CO}$  after anaerobic exercise, although some studies



have investigated the relationship between aerobic performance and  $DL_{CO}$  both in the short-term and long-term. Lalande *et al.*<sup>23</sup> showed that individuals with higher maximal aerobic capacity have a more distensible pulmonary circulation. The expansion of the pulmonary vasculature appeared not to reach a plateau during maximal aerobic exercise<sup>14</sup>. Interestingly, the changes in  $DL_{CO}$  found by Lalande *et al.*<sup>23</sup> were similar to our results, with an increase of 27 and 24% respectively. We probably did not find a similar  $DL_{CO}$  response after 15-min of moderate intensity exercise due to the lower intensity applied compared to the Wingate test and the maximal aerobic exercise utilized by Lalande *et al.*<sup>23</sup>. Therefore, exercise intensity seems to be an important factor to provoke a short-term increase in lung diffusion, ahead of oxygen requirements or exercise duration, and probably due to the increased requirements for  $CO_2$  elimination.

During exercise, alveolar-capillary diffusion increases in proportion to the increase in metabolic rate, but there is no causal response between metabolic rate and hyperpnea, and the mechanisms involved in the increase in ventilation during exercise has not been fully elucidated<sup>24</sup>. Volitional exercise requires activation of the central nervous system (CNS), in which neural feed-forward (central command) mediate the exercise hyperpnea<sup>24</sup>. The rapid increase in  $DL_{CO}$  from our study probably take part of the same physiological mechanism. The entire organism tried to adjust the cardiovascular and ventilatory systems to maximal intensity exercise<sup>25</sup>, despite 30-s anaerobic exercise barely relying on  $O_2$ -dependent energy production. This rapid response also makes sense since lung diffusion in the first limiting step of aerobic performance along the  $O_2$  transport cascade and the increase in cardiac output has been shown to be faster than  $VO_2$  kinetics<sup>26</sup>.

### Correlation $DL_{CO}$ - Wingate

Anaerobic performance measured in Watts correlated closely with  $DL_{CO}$  at SL-R ( $R = 0.95$ ; Figure 2), suggesting that central command-mediated intensity rather than  $O_2$ -dependent metabolism is the key in  $DL_{CO}$  changes. Figure 2 also shows how changes in  $DL_{CO}$  ( $\Delta DL_{CO}$ ) respond to Wingate test anaerobic power ( $R = 0.63$ ). In this regard,  $DL_{CO}$  does not only correlates with  $VO_{2max}$  and aerobic performance<sup>27</sup>, but also correlates with neuromuscular anaerobic power. Muscular strength has been already correlated with lung function in some studies<sup>28</sup> which may explain the close relationship between  $DL_{CO}$  and neuromuscular power.

Our results also suggest that lung volume (VA and TLC) tend to increase, but this change is not statistically significant, after maximal intensity exercise (SL-ANA). Changes in lung volumes also has been suggested to participate in  $DL_{CO}$  changes during exercise periods<sup>28</sup>, but at the best of our knowledge there have not been described elsewhere. Potentially, we suggest that interval maximal work could induce sufficient mechanical and/or physiological stimulus to promote a long-term improvement in lung diffusion capacity (e.g., alveolar growth, increased permeability of the alveolar-capillary membrane) or lung growth<sup>4</sup>.

### Changes in $DL_{CO}$ in relation to exercise at HA

In this study, there were no changes in lung diffusion upon arrival to 4,000 m at rest nor after exercise in a short-term HA exposure of 60 minutes, although some relevant risk factors to the development of pul-

monary oedema were also induced in our experimental design such as rapid ascent rate, high-altitude and intervals of strenuous exercise. However, our data supports the idea that short-term exposures to HA seems to be insufficient to provoke capillary wall stress failure in the lungs<sup>29</sup>.

During HA exposure, in some cases, an exacerbation in the permeability properties of the lung capillary endothelium can create an imbalance between pulmonary vascular leakage and alveolar fluid reabsorption<sup>30,31</sup>, although a large inter-individual response has been described<sup>32,33</sup>. We suggest that the activity of the pulmonary lymphatics regulated the rate of fluid clearance from the interstitial space well under short-term severe hypoxic exposure in healthy subjects, avoiding significant changes in lung diffusing capacity. The appearance of pulmonary oedema under specific conditions of low  $PO_2$  and high blood flow due to exercise may provoke diffusion unbalance<sup>34,35</sup>, although in some cases an additional functional reserve can be recruited to improve membrane  $O_2$  diffusing capacity during exercise in hypoxia<sup>33,36</sup>.

The literature is unclear regarding the conditions needed to provoke changes in lung diffusing capacity. Senn *et al.*<sup>37</sup> found a slight decrease in  $DL_{CO}$  after a rapid ascent (3 h) to 4,559 m compared to baseline at 490 m. Agostoni *et al.*<sup>38</sup> also found a slight decrease in  $DL_{CO}$ , and an increase in ultrasound lung comets (ULCs) at 4,559 m after 36 h, suggesting that interstitial lung oedema can occur relatively rapid in healthy lowlanders. However, Snyder *et al.*<sup>39</sup> found that exercise in hypoxia increased  $DL_{CO}$  and reduced lung fluid accumulation due to acceleration in alveolar fluid clearance in a 17-h exposure to normobaric hypoxia ( $FIO_2 = 12.5\%$ ). Prolonged exposure to HA could be necessary to elicit changes in lung diffusion capacity, although the evidence is also unclear. In this regard, Clarenbach *et al.*<sup>32</sup> found 8 cases of HAPO in a group of 18 mountaineers, but  $DL_{CO}$  was only decreased after 3 days of exposure to 4,559 m. In turn, de Bisschop *et al.*<sup>40</sup> showed a post-exercise decrease in lung diffusing capacity for nitric oxide ( $DL_{NO}$ ), but no changes in  $DL_{CO}$  after 7 days at 5,050 m. Nonetheless, Taylor *et al.*<sup>41</sup> found a significant increase in  $DL_{CO}$  after an 8-day hike and 5-day stay at 5,150 m in mountaineers. At the best of our knowledge, this is the first study assessing  $DL_{CO}$  changes during short-term altitude exposure with exercise. As it can be assumed after the results at sea level, exercise intensity seemed a relevant factor to induce  $DL_{CO}$  modifications. Therefore, the moderate intensity interval exercise proposed at high-altitude could have influenced the lack of  $DL_{CO}$  modifications during hypobaric hypoxic exercise. From a security point of view, the participants of this study were healthy subjects, but unaccustomed to strenuous exercise at high altitude neither highly trained athletes. As a result, a limitation in the exercise intensity performed at 4,000 m was not possible to elude.

We suggest that there was no decrease in  $DL_{CO}$  due to a pulmonary interstitial fluid fine balance between pulmonary capillary fluid leakage and the rate of fluid removal from the thoracic lymphatic ducts during short-term exposure to HA<sup>12,42</sup>. Also, the induced increase in interstitial lung fluid could be masked by an additional recruitment of the pulmonary vasculature during hypoxic exercise due to limitations in  $O_2$  uptake in the lungs under low barometric pressure conditions<sup>33</sup>.

### Strengths and limitations

The duration and intensity of the exercise may be decisive to find an increase, no changes, or a decrease in  $DL_{CO}$ . Dynamics of lung

diffusing equilibrium may change depending on these factors, and inter-individual physiological status.

Another concern is the use of indirect measurements of interstitial lung fluid. Although  $DL_{CO}$  has been consistently associated with an increase in extravascular lung water<sup>32,39</sup>, the study of  $DL_{NO}$  is more sensitive to detect very mild interstitial fluid accumulation<sup>43</sup>. A combination of  $DL_{CO}$  and  $DL_{NO}$  would be more descriptive of changes in lung diffusion since  $DL_{NO}$  is minimally affected by haemoglobin and pulmonary blood volume ( $V_C$ ). One relevant strength from this study is that all the  $DL_{CO}$  measurements were taken into the first minute after exercise. Most of the studies have assessed  $DL_{CO}$  30 to 120 min after exercise suggesting that the potential decrease in  $DL_{CO}$  is due to blood volume redistribution to the peripheral organs after exercise, a hypothesis that may be dismissed in our study.

## Acknowledgements

The authors would like to thank all participants for their time and commitment in undertaking this study. Also, we would like to thank Mr. Álvaro Sánchez-Nieva (Sanro Electromedicina) for kindly supplying the equipment needed to conduct this research. We are grateful to Mrs. Lynette Stewart for her help in the proofreading of the manuscript.

## Conflicts of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

## Bibliography

- Egginton S. Invited review: Activity-induced angiogenesis. *Pflugers Arch Eur J Physiol*. 2009;457:963–77.
- Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: Similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*. 2006;575:901–11.
- Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. The athlete's heart: A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*. 2000;101:336–44.
- Wagner PD. Why doesn't exercise grow the lungs when other factors do? *Exerc Sport Sci Rev*. 2005;33:3–8.
- Burtch AR, Ogle BT, Sims PA, Harms CA, Symons TB, Folz RJ, et al. Controlled frequency breathing reduces inspiratory muscle fatigue. *J Strength Cond Res*. 2017;31:1273–81.
- García I, Drobic F, Pons V, Viscor G. Changes in lung diffusing capacity of elite artistic swimmers during training. *Int J Sports Med*. 2021;42:227–33.
- García I, Molina-Molina M, Arrillaga B, Javierre C, Viscor G. Swimming exercise for patients with long-term respiratory post-covid-19 complications: further thinking on the pulmonary rehabilitation. *Arch Bronconeumol*. 2022;58:527–8.
- Viscor G, Torrella JR, Corral L, Ricart A, Javierre C, Pages T, et al. Physiological and biological responses to short-term intermittent hypobaric hypoxia exposure: From sports and mountain medicine to new biomedical applications. *Front Physiol*. 2018;9:1–20.
- Hegewald MJ. Diffusing capacity. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2009;37:159–66.
- Tedjasaputra V, Bouwsema MM, Stickland MK. Effect of aerobic fitness on capillary blood volume and diffusing membrane capacity responses to exercise. *J Physiol*. 2016;594:4359–70.
- Coffman KE, Carlson AR, Miller AD, Johnson BD, Taylor BJ. The effect of aging and cardiorespiratory fitness on the lung diffusing capacity response to exercise in healthy humans. *J Appl Physiol*. 2017;122:1425–34.
- Taylor BJ, Carlson AR, Miller AD, Johnson BD. Exercise-induced interstitial pulmonary edema at sea-level in young and old healthy humans. *Respir Physiol Neurobiol*. 2014;191:17–25.
- Lavin KM, Straub AM, Uhranowsky KA, Smoliga JM, Zavorsky GS. Alveolar-membrane diffusing capacity limits performance in boston marathon qualifiers. *PLoS One*. 2012;7.
- Coffman KE, Carlson AR, Miller AD, Johnson BD, Taylor BJ. The effect of aging and cardiorespiratory fitness on the lung diffusing capacity response to exercise in healthy humans. *J Appl Physiol*. 2017;122:1425–34.
- Balasubramanian A, MacIntyre NR, Henderson RJ, Jensen RL, Kinney G, Stringer WW, et al. Diffusing capacity of carbon monoxide in assessment of COPD. *Chest*. 2019;156:1111–9.
- Johns DP, Berry D, Maskrey M, Wood-Baker R, Reid DW, Walters EH, et al. Decreased lung capillary blood volume post-exercise is compensated by increased membrane diffusing capacity. *Eur J Appl Physiol*. 2004;93:96–101.
- West JB. Invited Review: Pulmonary capillary stress failure. *J Appl Physiol*. 2000;89:2483–9.
- Clarenbach CF, Senn O, Christ AL, Fischler M, Maggiorini M, Bloch KE. Lung function and breathing pattern in subjects developing high altitude pulmonary edema. *PLoS One*. 2012;7:3–8.
- de Bisschop C, Martinot JB, Leurquin-Sterk G, Faoro V, Guénard H, Naeije R. Improvement in lung diffusion by endothelin A receptor blockade at high altitude. *J Appl Physiol*. 2012;112:20–5.
- Coffman KE, Carlson AR, Miller AD, Johnson BD, Taylor BJ. The effect of aging and cardiorespiratory fitness on the lung diffusing capacity response to exercise in healthy humans. *J Appl Physiol*. 2017;122:1425–34.
- Taylor BJ, Coffman KE, Summerfield DT, Issa AN, Kasak AJ, Johnson BD. Pulmonary capillary reserve and exercise capacity at high altitude in healthy humans. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116:427–37.
- Graham BL, Brusasco V, Burgos F, Cooper BG, Jensen R, Kendrick A, et al. 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J*. 2017;49.
- Lalande S, Yerly P, Faoro V, Naeije R. Pulmonary vascular distensibility predicts aerobic capacity in healthy individuals. *J Physiol*. 2012;590:4279–88.
- Forster H v, Haouzi P, Dempsey JA. Control of breathing during exercise. *Compr Physiol*. 2012;2:743–77.
- Fu Q, Levine BD. Exercise and the autonomic nervous system. *Handb Clin Neurol*. 2013;117:147–60.
- Kinker JR, Haffor A-S, Stephan M, Clanton TL. Kinetics of CO uptake and diffusing capacity in transition from rest to steady-state exercise. *J Appl Physiol*. 1992;72:1764–72.
- Zavorsky GS, Smoliga JM. The association between cardiorespiratory fitness and pulmonary diffusing capacity. *Respir Physiol Neurobiol*. 2017;241:28–35.
- Smith MP, Standl M, Berdel D, Von Berg A, Bauer CP, Schikowski T, et al. Handgrip strength is associated with improved spirometry in adolescents. *PLoS One*. 2018;13.
- Charloux A, Enache I, Richard R, Oswald-Mammosser M, Lonsdorfer-Wolf E, Piquard F, et al. Diffusing capacity of the lung for CO and pulmonary blood flow during incremental and intermittent exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20.
- Swenson ER. Early Hours in the Development of High Altitude Pulmonary Edema-Time Course and Mechanisms. *J Appl Physiol*. 2020;128:1539–46.
- Richalet JP. High altitude pulmonary oedema: still a place for controversy? *Thorax*. 1995;50:923–9.
- Mairbörl H, Dehnert C, Macholz F, Dankl D, Sareban M, Berger MM. The hen or the egg: Impaired alveolar oxygen diffusion and acute high-altitude illness? *Int J Mol Sci*. 2019;20.
- Clarenbach CF, Senn O, Christ AL, Fischler M, Maggiorini M, Bloch KE. Lung function and breathing pattern in subjects developing high altitude pulmonary edema. *PLoS One*. 2012;7.
- Taylor BJ, Coffman KE, Summerfield DT, Issa AN, Kasak AJ, Johnson BD. Pulmonary capillary reserve and exercise capacity at high altitude in healthy humans. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116:427–37.
- Torre-Bueno R, Wagner PD, Saltzman HA, Gale GE, Moon F G RE, Moon RE. Diffusion limitation in normal humans during exercise at sea level and simulated altitude. *J Appl Physiol*. 1985;58:989–95.
- Ayappa I, Brown L v, Lai-Fook SJ. Effects of hypoxia, blood PCO<sub>2</sub> and flow on O<sub>2</sub> transport in excised rabbit lungs. *Respir Physiol*. 1998;112:155–66.
- Hanson WL, Emhardt JD, Bartek JP, Latham LP, Checkley LL, Capen RL, et al. Site of recruitment in the pulmonary microcirculation. *J Appl Physiol*. 1989;66:2079–83.
- Senn O, Clarenbach CF, Fischler M, Thalmann R, Brunner-La Rocca H, Egger P, et al. Do changes in lung function predict high-altitude pulmonary edema at an early stage? *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:1565–70.
- Agostoni P, Swenson ER, Fumagalli R, Salvioni E, Cattadori G, Farina S, et al. Acute high-altitude exposure reduces lung diffusion: Data from the HIGHCARE Alps project. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013;188:223–8.

40. Snyder EM, Beck KC, Hulsebus ML, Breen JF, Hoffman EA, Johnson BD. Short-term hypoxic exposure at rest and during exercise reduces lung water in healthy humans. *J Appl Physiol.* 2006;101:1623–32.
41. de Bisschop C, Martinot J-B, Leurquin-Sterk G, Faoro V, Guénard H, Naeije R. Improvement in lung diffusion by endothelin A receptor blockade at high altitude. *J Appl Physiol.* 2012;112:20–5.
42. Taylor BJ, Stewart GM, Marck JW, Summerfield DT, Issa AN, Johnson BD. Interstitial lung fluid balance in healthy lowlanders exposed to high-altitude. *Respir Physiol Neurobiol.* 2017;243:77–85.
43. Bates ML, Farrell ET, Eldridge MW. The curious question of exercise-induced pulmonary edema. *Pulm Med.* 2011:1–7.
44. Dehnert C, Luks AM, Schendler G, Menold E, Berger MM, Mairböurl H, et al. No evidence for interstitial lung oedema by extensive pulmonary function testing at 4,559 m. *Eur Respir J.* 2010;35:812–20.

# Diferencias antropométricas y potencia aeróbica máxima entre hombres y mujeres en el remo de traineras

Beñat Larrinaga<sup>1</sup>, Xabier Río<sup>1</sup>, Aitor Coca<sup>2</sup>, Manuel Rodríguez-Alonso<sup>3</sup>, Ane Arbillaga-Etxarri<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Deusto. Facultad Educación y Deporte. Bilbao. Bizkaia. <sup>2</sup>Universidad Euneiz. Facultad de Ciencias de la Salud. Vitoria-Gasteiz. Álava. <sup>3</sup>NutriMaxPer. Trasona. Asturias. <sup>4</sup>Deusto Physical Therapist. Departamento de Fisioterapia. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Deusto. Donostia-San Sebastián. Gipuzkoa.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00145

**Recibido:** 09/06/2022

**Aceptado:** 28/04/2023

## Resumen

En el remo de traineras se han observado diferencias antropométricas, mecánicas y de rendimiento entre remeros de un mismo club que competían en distintas categorías. La potencia aeróbica máxima se ha definido como uno de los mejores predictores del rendimiento en el remo. El objetivo fue observar diferencias entre remeros y remeras en datos antropométricos, fisiológicos y de potencia aeróbica. Se evaluó el peso (P), la talla (T), el porcentaje grasa (G), el sumatorio de siete pliegues (S7) y los vatios (W) absolutos y relativos (W/kg) de 55 sujetos. De los 55 sujetos, 38 fueron hombres (26,95 ±7,0 años) y 17 mujeres (24,82 años ±6,8). Para calcular el tamaño del efecto como diferencia de medias estandarizadas se utilizó la *d* de Cohen. En los resultados, se obtuvieron medias muestrales en las variables analizadas en los diferentes sexos (M: mujeres y H: hombres). Para H: [P: 77,25 (9,41) – T: 1,80 (0,07) – G: 12,77 (3,04) – S7: 72,23 (28,20) – W: 273,6 (52,88) – W/kg: 3,57 (0,67)] y para M: [P: 61,79 (6,85) – T: 1,67 (0,07) – G: 14,44 (2,47) – S7: 103,83 (28,64) – W: 171,35 (29,19) – W/kg: 2,78 (0,43)]. Finalmente los resultados fueron los siguientes: P: 1,77 – T: 1,87 – G: 0,57 – S7: 1,11 – W: 2,17 – W/kg: 1,28. Mostrando diferencias significativas y un tamaño del efecto grande entre ambos sexos en todas las variables analizadas, exceptuando la variable del porcentaje grasa.

## Palabras clave:

Deportes acuáticos. Remo. Fisiología. Composición corporal.

## Anthropometric and maximal aerobic power differences between male and female row crews- traineras

### Summary

Anthropometric, mechanical and performance differences have been observed in rowing between rowers from the same club competing in different categories. Maximal aerobic power has been defined as one of the best predictors of rowing performance. The aim was to observe differences between male and female rowers in anthropometric, physiological and aerobic power data. Weight (P), height (T), fat percentage (G), sum of seven folds (S7) and absolute and relative watts (W) (W/kg) of 55 subjects were assessed. Of the 55 subjects, 38 were male (26.95 ±7.0 years) and 17 were female (24.82 ±6.8 years). Cohen's *d* was used to calculate the effect size as standardised mean difference. In the results, sample means were obtained for the variables analysed in the different sexes (F: females and M: males). For F: [P: 77.25 (9.41) – T: 1.80 (0.07) – G: 12.77 (3.04) – S7: 72.23 (28.20) – W: 273.6 (52.88) – W/kg: 3.57 (0.67)] and for M: [P: 61.79 (6.85) – T: 1.67 (0.07) – G: 14.44 (2.47) – S7: 103.83 (28.64) – W: 171.35 (29.19) – W/kg: 2.78 (0.43)]. Finally, the results were as follows: P: 1.77 – T: 1.87 – G: 0.57 – S7: 1.11 – W: 2.17 – W/kg: 1.28. Showing significant differences and a large effect size between both sexes in all the variables analysed, except for the fat percentage variable.

## Key words:

Water Sports. Rowing. Physiology. Body composition

**Correspondencia:** Beñat Larrinaga García  
E-mail: benat.larrinaga@deusto.es

## Introducción

Dentro del remo de banco fijo, podemos encontrar diferentes modalidades de competición en base a su localización geográfica. Por un lado, en el litoral Cantábrico (País Vasco Francés, País Vasco, Cantabria, Asturias y Galicia) existen las modalidades de batel, trainerilla y trainera<sup>1</sup>, por otro lado, en las comunidades del Mediterráneo han surgido modalidades propias de remo, como el Falucho en la Comunidad de Valencia, los *Llagut* en Cataluña, las Jábegas en Andalucía y los *Llaüt* como modalidad para unificar las competiciones de tres modalidades del mediterráneo<sup>2</sup>.

En la cornisa cantábrica, la competición de traineras ha tenido un gran recorrido histórico en el género masculino<sup>3,4</sup>, sin embargo, las mujeres no han participado en regatas oficiales de traineras hasta el año 2008<sup>5</sup>. Desde aquel momento, la participación femenina en las regatas de traineras ha ido en aumento tal y como lo refleja el número de remeras federadas, la creación y consolidación de las estructuras deportivas y el número de embarcaciones que compiten<sup>6,7</sup>.

En cuanto a la investigación llevada a cabo en torno al remo de traineras, el rendimiento físico es el aspecto más estudiado. En concreto, la potencia aeróbica máxima (PAM) definida como la intensidad de trabajo en la que se alcanza el  $VO_{2max}^{8-10}$  se ha determinado como uno de los mejores predictores del rendimiento en el remo<sup>11-13</sup>. Así mismo, actualmente se han publicado artículos que demuestran diferencias de rendimiento entre géneros<sup>14-16</sup>. Este parámetro, tal y como se ha demostrado en otros deportes, también resulta útil en el remo debido a la sencillez que se le atribuye a la hora de diseñar, controlar y llevar a cabo los entrenamientos<sup>17-19</sup>.

El análisis antropométrico y mecánico también ha sido analizado en este deporte, ya que en estudios previos establecieron como predictores del rendimiento<sup>13</sup>, incluso hallando diferencias entre remeros de un mismo club que competían en distintas categorías<sup>4,20</sup>. Asimismo, la masa corporal ha mostrado estar relacionada con el rendimiento<sup>20,21</sup>. Además, en lo que al remo de traineras respecta, se han observado diferencias fisiológicas y antropométricas entre las distintas categorías de las ligas de traineras del cantábrico<sup>18</sup> (Asociación de Clubes del Cantábrico (ACT), Asociación de Remo del Cantábrico (ARC1) y su filial (ARC2)).

En lo que a las remeras se refiere, para nuestro conocimiento, no existen estudios que hayan analizado los aspectos fisiológicos o de rendimiento entre las distintas categorías Liga Euskotren, Asociación de Traineras de Mujeres (ETE) y Liga Gallega de Traineras (LGT). Sin embargo, si existen estudios que determinan diferencias entre géneros en otras disciplinas de remo<sup>15,16</sup>. Por lo tanto, se podría afirmar que la investigación en el remo de traineras femenino no ha ido ligada al incremento de participación en este deporte<sup>14</sup>.

Con todo ello, el objetivo del artículo ha sido, analizar y comparar diferencias de PAM y antropométricas entre las diferentes categorías y género del remo de traineras.

## Material y método

### Diseño y participantes

En el estudio observacional transversal se reclutaron 55 sujetos de Nivel 3 altamente capacitados/de nivel nacional<sup>22</sup>, 38 hombres

( $26,9 \pm 7,0$  años) divididos en dos categorías (ARC1 = 18; ARC2 = 21) y 17 mujeres de la categoría ETE ( $24,8 \pm 6,8$  años). Las mediciones se realizaron en las instalaciones del club de remo durante los meses de la fase preparatoria general de la temporada de traineras. Exactamente, las recogidas de los datos se obtuvieron en el mes de enero, tras haber realizado 11 semanas de entrenamiento de fuerza general y trabajo de base aeróbica. Los participantes accedieron libremente a realizar las mediciones, como pruebas rutinarias que se realizan durante la preparación de la temporada, por lo que los sujetos conocían las pruebas que iban a realizar.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Ramón Llull (referencia 1920005D) y se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada participante antes del inicio del mismo.

### Variables, instrumentos de medida y procedimientos

La composición corporal se definió por el peso (P), la talla (T), el porcentaje graso (G), el índice de masa corporal (IMC) y el sumatorio de siete pliegues (S7). Para ello, se utilizó una báscula columna mecánica con tallímetro (Año Sayol SL 150 KGS- Clínica Balanza Pesa Romana Médica) y un lipocalímetro Holtain (HOL-98610ND - precisión 0,2 mm). Estas pruebas se realizaron en todos los participantes en la misma franja horaria (16:00-19:00 horas), a través del Método de la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría<sup>23</sup> y siempre por una misma persona entrenada y experimentada. Para el cálculo del porcentaje graso se utilizó la fórmula de Faulkner derivada de la ecuación Yuhasz [ $\% \text{ Peso Graso} = 0,153 * (\text{Pliegue del tríceps} + \text{Pliegue del Subescapular} + \text{Pliegue del Supraespinal} + \text{pliegue del Abdominal}) + 5,783$ ]<sup>23</sup>. Para la ejecución del S7 se realizó mediante la Ecuación de 7 pliegues, que se establece mediante sumatorio de los siguientes siete pliegues: bíceps, tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, cuádriceps y gemelo<sup>24</sup>.

Los parámetros mecánicos se definieron por la potencia absoluta (W) y relativa al peso (W/kg). Para ello, se realizó un test máximo de 4 minutos en un remoergómetro Concept 2 (Model D, Morrisville, VT, USA) modificado para banco fijo<sup>18,25</sup>. Antes de realizar la prueba máxima, se realizó un calentamiento previo de 20 minutos<sup>26,27</sup>, fragmentado en 4 tiempos de 4 minutos incrementando la potencia en cada uno ellos simulando el volumen total de la prueba máxima, con un minuto de descanso y con una recuperación total antes de realizar el último escalón<sup>28</sup>, para que el sistema recupere por completo antes de realizar el esfuerzo máximo. Mediante este último escalón de 4 minutos máxima<sup>29-33</sup> se determinó la PAM, recogiendo la potencia media realizada. La resistencia del *Drag Factor* fue de 140 en hombres<sup>34</sup> y 120 en mujeres, ya que las mujeres tienen menos masa corporal y por ello se precisó a ajustar el factor de arrastre<sup>35</sup>.

### Análisis estadístico

Para el análisis de las variables se utilizó el software IBM SPSS Statistics (versión 26). Las variables cuantitativas son presentadas como media y desviación estándar. Debido al pequeño tamaño de la muestra y a que la varianza dentro del grupo fue elevada, se realizaron pruebas no paramétricas para el análisis de los datos. Se realizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes para analizar las diferencias de

género en las variables de P, T, G, S7, W y W/kg. Para el análisis entre las diferencias de las variables entre las categorías se utilizó la Prueba de Kruskal-Wallis. Además, se han realizado correlaciones de Spearman entre las variables de género, categoría, P, T, S7, W y W/Kg. El tamaño del efecto se calculó mediante d de Cohen para analizar la diferencia de medias estandarizada (DME); un tamaño del efecto de 0,2-0,49 será considerado pequeño, 0,5-0,79 moderado, y 0,8 o mayor como elevado<sup>36</sup>.

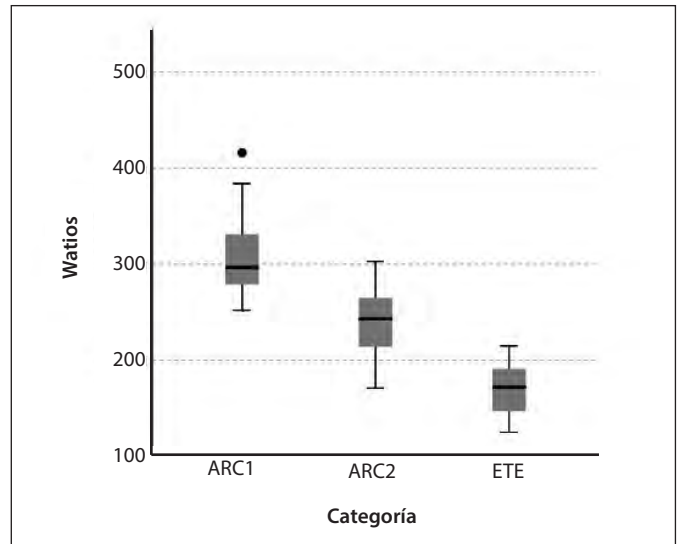
## Resultados

En la Tabla 1 se observan los datos descriptivos de la muestra analizada, existiendo diferencias significativas en la media de vatios entre categorías (Figura 1). Así mismo, se observan diferencias significativas entre ARC1-ARC2 en la potencia absoluta (W) (p <0,00) y la potencia relativa (W/Kg) (p <0,00), entre ARC1-ETE en potencia absoluta (p 0,00) y potencia relativa (p <0,00) y entre ARC2-ETE en potencia absoluta (p <0,00), por el contrario, ARC2-ETE en potencia relativa, no mostró diferencias significativas (p <0,07). La d Cohen muestra diferencias elevadas entre género en todas las variables analizadas, excluyendo la variable G (P = 1,77; T = 1,87; G = -0,57; S7 = -1,11; W = 2,17 y W/Kg = 1,28) (Tabla 2).

## Discusión

Este estudio analizó y comparó el perfil antropométrico y la composición corporal en remeros de traineras masculinos y femeninos, y el papel de estas variables en la predicción del rendimiento en el remo. Nuestros resultados concuerdan con otros investigadores que variables como la T<sup>24</sup> y el G son determinantes de la PAM<sup>15,25</sup>, siendo ésta un indicador prioritario de cara a tener buenos resultados en esta

Figura 1. Diferencia de vatios entre categorías.



\*p<0,05.

disciplina<sup>6-26</sup>. Por otro lado, al igual que otros autores, se han observado diferencias de la PAM tanto en diferentes categorías masculinas<sup>18</sup> como entre género<sup>16,37</sup>. Las diferencias existentes en la producción de PAM son similares a las obtenidas en el estudio de Penichet-Tomas *et al.* (2023), en el que las diferencias entre remeros y remeras fue de 105,5 W comparados con los 102,3 W que se han podido observar en este estudio. Además, resulta notorio que las características morfológicas son de igual manera determinantes en el éxito de este deporte<sup>38,39</sup>. Nuestro estudio parece confirmar estas evidencias, observando correlaciones significativas en cuanto a la potencia generada con

Tabla 1. Valores medios por categoría.

| Categoría | N  | Peso                      | Talla                    | Edad                        | IMC          | S7                         | Grasa                     | W                             | W/Kg                       |
|-----------|----|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| ARC1 (1)  | 18 | 79,13 (9,65)              | 1,83 (0,07) <sup>3</sup> | 31,00 (6,49) <sup>2,3</sup> | 23,44 (1,59) | 68,22 (15,68) <sup>3</sup> | 12,53 (1,89) <sup>3</sup> | 309,22 (42,95) <sup>2,3</sup> | 3,93 (0,46) <sup>2,3</sup> |
| ARC2 (2)  | 21 | 75,55 (9,08) <sup>3</sup> | 1,78 (0,05) <sup>3</sup> | 23,30 (5,37) <sup>1</sup>   | 23,80 (2,58) | 75,85 (36,06) <sup>3</sup> | 12,99 (3,84) <sup>3</sup> | 241,55 (38,87) <sup>1,3</sup> | 3,25 (0,68) <sup>1</sup>   |
| ETE (3)   | 17 | 61,79 (6,85) <sup>2</sup> | 1,67 (0,07)              | 24,82 (6,83)                | 22,11 (2,29) | 103,83 (28,64)             | 14,44 (2,47)              | 171,35 (29,19) <sup>1,2</sup> | 2,78 (0,43) <sup>1</sup>   |

Datos presentados como media y desviación estándar. <sup>1-2-3</sup>. Diferencias significativas p<0,05 entre categorías.

Tabla 2. Diferencias entre género.

|                  | Hombres        | Mujeres        | Diferencias | d cohen | p-valor |
|------------------|----------------|----------------|-------------|---------|---------|
| Peso             | 77,25 (9,41)   | 61,79 (6,85)   | 15,46       | 1,77    | <,001   |
| Talla            | 1,80 (0,07)    | 1,67 (0,07)    | 0,13        | 1,87    | <,001   |
| IMC              | 23,63 (2,15)   | 22,11 (2,29)   | 1,52        | 0,69    | 0,10    |
| Porcentaje graso | 12,77 (3,04)   | 14,44 (2,47)   | -1,67       | -0,57   | 0,01    |
| S7               | 72,23 (28,2)   | 103,83 (28,4)  | -31,60      | -1,11   | <,001   |
| Watts            | 273,60 (52,88) | 171,35 (29,19) | 102,25      | 2,17    | <,001   |
| W/kg             | 3,57 (0,67)    | 2,78 (0,43)    | 0,79        | 1,28    | <,001   |



Tabla 3. Correlaciones entre variables.

|           | Género  | Categoría | Peso (P) | Talla (T) | Sumatorio Pliegues (S7) | Potencia absoluta (W) | Potencia Relativa (W/Kg) |
|-----------|---------|-----------|----------|-----------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Género    | -       |           |          |           |                         |                       |                          |
| Categoría | 0,85**  | -         |          |           |                         |                       |                          |
| P         | -0,64** | -0,61**   | -        |           |                         |                       |                          |
| T         | -0,66** | -0,68**   | 0,78**   | -         |                         |                       |                          |
| S7        | 0,46**  | 0,44**    | -0,00    | 0,40**    | -                       |                       |                          |
| W         | -0,71** | -0,83**   | 0,60**   | 0,67**    | -0,42**                 | -                     |                          |
| W/Kg      | -0,51** | -0,65**   | 0,10     | 0,31*     | -0,51**                 | 0,84**                | -                        |

\*Significancia al  $p < 0,05$  - \*\* Significancia al  $p < 0,01$

Tabla 4. Diferencias entre género.

| Resultados       | Hombres       | Mujeres        | Diferencias | d cohen |
|------------------|---------------|----------------|-------------|---------|
| Peso             | 77.25 (9.41)  | 61.79 (6.85)   | 15.46       | 1.90    |
| Talla            | 1.80 (0.07)   | 1.67 (0.07)    | 0.13        | 1.85    |
| Porcentaje graso | 12.77 (3.04)  | 14.44 (2.47)   | -1.67       | -0.60   |
| S7               | 72.23 (28.2)  | 103.83 (28.4)  | -31.60      | -1.11   |
| Watts            | 273.6 (52.88) | 171.35 (29.19) | 102.25      | 2.49    |
| W/kg             | 3.57 (0.67)   | 2.78 (0.43)    | 0.79        | 1.43    |

las variables morfológicas analizadas (T vs W/Kg = 0,31; T vs W = 0,67; P vs W = 0,60).

Se sabe que el género femenino dispone de mayores niveles de porcentaje graso respecto a los hombres e incluso al nacer<sup>40</sup>. Los resultados muestran una correlación negativa entre el porcentaje graso tanto en la W ( $r = -0,42$ ) como en la W/Kg ( $r = -0,51$ ) (Tabla 3), por lo que parece que un bajo porcentaje graso es beneficioso para lograr mejorar el rendimiento deportivo<sup>38</sup>. Estos resultados en las diferencias antropométricas, van en consonancia a otros estudios<sup>18</sup>, que concluyeron que el control de la masa corporal en relación con la masa libre de grasa y el porcentaje graso podrían ser determinantes para alcanzar mayores opciones de éxito en este deporte, existiendo asociación inversa entre la evolución de los parámetros antropométricos y fisiológicos<sup>15</sup>. En concordancia al estudio de Podstawki *et al.*, (2022) se han observado diferencias significativas en características antropométricas y mecánicas (P, T, G, S7, W, W/kg  $< 0,001$ ).

Se sugieren nuevas investigaciones sobre la comparación de distintos valores y variables relacionadas con el rendimiento entre hombres y mujeres en el deporte de traineras, ya que hay estudios que han mostrado diferencias en los parámetros cinemáticos de la técnica de remo<sup>41,42</sup>. Nuestros resultados indican un tamaño del efecto elevado entre hombres y mujeres en las variables de potencia y composición corporal (Tabla 4), por lo que los remeros parecen realizar más potencia que las remeros en consonancia a otros estudios<sup>2,42</sup>.

Por otro lado, como era de esperar<sup>4,18</sup>, podemos observar diferencias significativas al analizar las categorías de competición en los parámetros de rendimiento, resultando niveles superiores en la categoría de más alto nivel (Tabla 1).

Dadas las diferencias observadas respecto al género en el deporte de banco fijo<sup>43</sup>, se sugiere la necesidad de realizar un análisis que posibilite una mejora en el diseño de la trainera en el género femenino, ya que las necesidades fisiológicas y antropométricas de las remeros respecto a los remeros parece evidente. Si las distancias, rendimiento y composición corporal entre géneros difieren entre sí, resulta de manifiesto la obligación de revisar la embarcación.

## Conclusiones

Los remeros tradicionales masculinos eran significativamente más altos y pesados, teniendo valores superiores tanto en potencia absoluta como en relativa respecto a las mujeres. Además, estas, mostraron una mayor suma de pliegues cutáneos y un mayor porcentaje graso. Es por ello, que se aconseja reflexionar tanto sobre las metodologías de entrenamiento como el ajuste de las embarcaciones que se ajusten así al dimorfismo sexual observado entre remeros y remeros.

## Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

## Bibliografía

- Urdampilleta A, León-Guereño P. Análisis de las capacidades condicionales y niveles de entrenamiento para el rendimiento en el remo de banco fijo. *Lect. educ. fis. deportes*. 2012;17:1-7.
- Penichet-Tomás A. Análisis de los factores de rendimiento en remeros de modalidades no olímpicas: Yola y Ilaüt. Diss. Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante. 2016.
- Zulaika, LM. Unidad didáctica de un deporte tradicional en el área de educación física. Remo en banco fijo. La formación inicial del profesorado de Educación Física ante el reto europeo.
- Izquierdo-Gabarren M, de Txabarri Expósito RG, de Villarreal ESS, Izquierdo M. Physiological factors to predict on traditional rowing performance. *Eur J Appl Physiol*. 2009;108, 83.
- Obregón-Sierra Á. Evolución del número de regatas de traineras (1939-2019). Evolution of the number of traineras races (1939-2019). *Materiales para la Historia del Deporte*. 2020;20:84-93.
- Ayuntamiento de Donostia. Donostia Kultura. 2016.
- Federación Guipuzkoana de Remo.
- García Manso JM, Navarro F, Legido JC, Vitoria M. *La resistencia desde la óptica de las ciencias aplicadas al entrenamiento deportivo*. Madrid. Editorial Grada SportBooks; 2006.

9. Daniels J, Scardina N. Interval training and performance. *Sports Med.* 1984;1:327–34.
10. Volkov N, Shirkovets E, Borilkevich V. Assessment of aerobic and anaerobic capacity of athletes in treadmill running tests. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1975;4:121–30.
11. Cosgrove M, Wilson J, Watt D, Grant S. The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *J Sports Sci.* 1999;17:845–52.
12. Riechman S, Zoeller R, Balasekaran G, Goss F, Robertson, R. Prediction of 2000 m indoor rowing performance using a 30 s sprint and maximal oxygen uptake. *J Sports Sci.* 2002;20:681–7.
13. Sebastia-Amat S, Penichet-Tomas A, Jimenez-Olmedo JM, Pueo B. Contributions of Anthropometric and Strength Determinants to Estimate 2000 m Ergometer Performance in Traditional Rowing. *Appl. Sci.* 2020;10:6562.
14. Lawton TW, Cronin JB, McGuigan MR. Strength, Power, and Muscular Endurance Exercise and Elite Rowing Ergometer Performance. *J. Strength Cond. Res.* 2013;27:1928–35.
15. Podstawski R, Boryslawski K, Katona ZB, Alföldi Z, Boraczyński M, Jaszczur-Nowicki J, et al. Sex Differences in Anthropometric and Physiological Profiles of Hungarian Rowers of Different Ages. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022;19:8115.
16. Penichet-Tomas A, Jimenez-Olmedo JM, Pueo B, Olaya-Cuartero J. Physiological and Mechanical Responses to a Graded Exercise Test in Traditional Rowing. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2023;20:3664.
17. García Manso JM, Navarro F, Legido JC, Vitoria M. *La resistencia desde la óptica de las ciencias aplicadas al entrenamiento deportivo.* Madrid. Editorial Grada SportBooks; 2006.
18. Elorza IG. *Análisis y comparación de remeros de distinta categoría y el entrenamiento en el remo de traineras.* Doctoral dissertation, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. 2017.
19. Joyner MJ. Physiological limits to endurance exercise performance: influence of sex. *J. Physiol.* 2017;595:2949–54.
20. Bourgois J, Claessens AL, Vrijens J, Philippaerts R, Van Renterghem B, Thomis M, et al. Anthropometric characteristics of elite male junior rowers. *Br. J. Sports Med.* 2000;34:213–6.
21. Aramendi JM. Remo olímpico y remo tradicional: aspectos biomecánicos, fisiológicos y nutricionales. *Arch. Med. Deporte.* 2014;159:51–9.
22. McKay AKA, Stellingwerff T, Smith ES, Martin DT, Mujika I, Goosey-Tolfrey VL, et al. Defining training and performance caliber: a participant classification framework. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2022;17:317–31.
23. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. *International standards for anthropometric assessment.* ISAK. Holbrooks: National library of Australia. 2001.
24. Ramón J, Cruz A, Dolores M, Porta J. *Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo.* Documento de Consenso del Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte. 2009.
25. Arrizabalaga R, Aramendi JF, Samaniego JC, Gallego E, Empanza JI. ¿Cuál es el “Drag Factor” del Concept 2 que mejor simula el remo en trainera? *Arch. Med. Deporte.* 2007;24:245–52.
26. Stromme SB, Ingjer F, Meen HD. Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *J. Appl. Physiol.* 1997;42:833–7.
27. Barranco-Gil D, Alejo LB, Valenzuela PL, Gil-Cabrera J, Montalvo-Pérez A, Talavera E, et al. Warming Up Before a 20-Minute Endurance Effort: Is It Really Worth It? *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;17:1–7.
28. Jambassi FJC, Gurjão ALD, Prado AKG, Gallo Luiza H, Gobbi S. Acute Effects of Different Rest Intervals Between Sets of Resistance Exercise on Neuromuscular Fatigue in Trained Older Women. *J Strength Cond.* 2020;34:2235–40.
29. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Barthélémy JC, Dormois D. The energetics of middle-distance running. *Europ. J. Appl. Physiol.* 1990;60:38–43.
30. Cunningham LN. Relationship of running economy, ventilatory threshold, and maximal oxygen consumption to running performance in high school females. *Res. Q. Exerc. Sport.* 1990;61:369–74.
31. Berthoin S, Gerbeaux M, Turpin E, Guerrin F, Lensel-Corbeil G, Vandendorpe F. Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *J Sports Sci.* 1994;12:355–62.
32. Berthon P, Fellmann N. General review of maximal aerobic velocity measurement at laboratory: Proposition of a new simplified protocol for maximal aerobic velocity assessment. *J Sports Med Phys Fitness.* 2002;42:257.
33. Davis JA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc.* 1985;7:6–21.
34. Ingham SA, Whyte GP, Jones K, Nevill AM. Determinants of 2,000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88:243.
35. Nevill AM, Beech C, Holder RL, Wyon M. Scaling concept II rowing ergometer performance for differences in body mass to better reflect rowing in water. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20:122–7.
36. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2a ed.). Erlbaum, Hillsdale; 1998.
37. Seiler KS, Spirduso WW, Martín, JC. Gender differences in rowing performance and power with aging. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:121–7.
38. León-Guereño P, Otegui AU, Zourdos MC, Ayuso JM. Anthropometric profile, body composition and somatotype in elite traditional rowers: A cross-sectional study. *Re. Espanola de Nutr Hum y Diet.* 2018;22:279–86.
39. Sablic T, Versic S, Uljevic O. association of motor abilities and morphological characteristics with results on a rowing ergometer. *Sport Mont.* 2021;19:3–6.
40. Lutz TL, Burton AE, Hyett JA, McGeechan K, Gordon A. A hospital-based cohort study of gender and gestational age-specific body fat percentage at birth. *Pediatr. Res.* 2021;89:231–7.
41. Ng L, Campbell A, Burnett A, O’Sullivan P. Gender differences in trunk and pelvic kinematics during prolonged ergometer rowing in adolescents. *J. Appl. Biomech.* 2013;29:180–7.
42. McGregor AH, Patankar ZS, Bull AMJ. Do men and women row differently? A spinal kinematic and force perspective. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol.* 2008;222:77–83.
43. Penichet-Tomas A, Pueo B, Selles-Perez S, Jimenez-Olmedo JM. Analysis of anthropometric and body composition profile in male and female traditional rowers. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18:7826.

# Prevalence of electrocardiographic abnormalities in elite and sub-elite professional athletes

Valeria González González, Carlos E. Barrón Gámez, Laura L. Salazar Sepúlveda, Tomas J. Martínez Cervantes, Oscar Salas Fraire

Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00146

Recibido: 07/11/2022  
Aceptado: 05/06/2023

## Summary

**Objective:** The objective of this study is to determine the prevalence of electrocardiographic abnormalities that could endanger the lives of elite and sub-elite professional athletes based on normal, borderline, and abnormal findings described in international recommendations.

**Material and method:** This retrospective observational study was performed only on men elite football players, men elite baseball players, men elite basketball players, and men sub-elite football players (second division, third division, U-15, U-17, and U-20). Data were collected from pre-competition ECGs performed by team-affiliated physicians in the 2012 – 2019 pre-seasons of active-roster athletes and sub-elite players. The qualitative characteristics of each ECG were analyzed using the international recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes to detect accepted training-related ECG findings and findings classified as borderline and abnormal.

**Results:** A total of 716 ECGs were included. Common training-related ECG changes were found in 63.1%; sinus bradycardia was the most prevalent training-related ECG change (47.2%). The prevalence of borderline ECG readings among all the participants was 3.9%; the most frequent change was right axis deviation. The prevalence of abnormal ECG findings overall was 4.2%.

**Conclusion:** Electrocardiographic changes in athletes are frequently seen; however, a constant review of changes within abnormal or borderline parameters is recommended. It is suggested that further research studies should study the electrocardiographic changes in elite and sub-elite athletes and compare these changes considering the biological sex of the athletes to see if there are any differences.

## Key words:

Football. Baseball. Basketball. Electrocardiographic. Athletes.

## Prevalencia de alteraciones electrocardiográficas en deportistas élite y sub-élite

### Resumen

**Objetivo:** El objetivo del presente estudio es evaluar la prevalencia de anomalías electrocardiográficas que puedan poner en peligro la vida de deportistas profesionales élite y sub-élite, a partir de hallazgos normales, limítrofes y anormales en el ECG descritas en consensos internacionales.

**Material y método:** Estudio retrospectivo y observacional donde se analizaron los ECGs de 12 derivaciones en reposo de jugadores de élite de fútbol, béisbol y baloncesto y jugadores sub-élite de fútbol, solamente del género masculino. Los datos se recopilaron de ECGs previos a la competencia realizados por médicos afiliados al equipo en las pretemporadas 2012-2019 en deportistas de la lista activa y jugadores sub-élite. Se utilizaron las recomendaciones internacionales para la interpretación electrocardiográfica de deportistas en las variables cuantitativas para conocer las alteraciones electrocardiográficas aceptadas y evaluar la detección de anomalías en el trazo para clasificarlas en anormal o en el límite.

**Resultados:** Un total de 716 ECGs fueron incluidos. Se encontraron cambios comunes en el ECG relacionados con el entrenamiento en el 63,1%; la bradicardia sinusal fue el cambio en el ECG relacionado con el entrenamiento más frecuente (47,2%). La prevalencia de lecturas limítrofes de ECG entre todos los participantes fue del 3,9%; el cambio más frecuente fue la desviación del eje a la derecha. La prevalencia de hallazgos ECG anormales en general fue del 4,2%.

**Conclusiones:** Los cambios electrocardiográficos en los deportistas se ven con frecuencia, sin embargo, se recomienda constante revisión de cambios dentro de parámetros anormales o en limítrofes. Se sugiere que estudios de investigación estudien los cambios electrocardiográficos en deportistas élite y sub-élite y que se comparen estos cambios teniendo en cuenta el sexo biológico de los deportistas para ver si existen diferencias.

## Palabras clave:

Fútbol. Béisbol. Baloncesto. Electrocardiográficas. Deportistas.

Correspondencia: Valeria González González  
E-mail: valegzz99@hotmail.com

## Introduction

Sudden Death in Sports (MSD) is a rare, unexpected tragic event occurring in a healthy person during sports practice or one hour after. It is due to natural, non-traumatic or non-violent causes. MSD represents the leading cause of death in athletes during sports<sup>1</sup>.

Over the past decade, ECG interpretation standards have undergone several modifications to improve the accuracy of detecting life-threatening heart conditions in young athletes while limiting false-positive results. In February 2015, an international group in Seattle, Washington, updated the current recommendations for interpreting the ECG in asymptomatic athletes aged 12 to 35 years<sup>2</sup>. The International Criteria for the interpretation of the electrocardiogram aimed at asymptomatic athletes between 12 and 35 years of age but also included specific considerations for adolescent athletes 12-16 years of age and for those  $\geq 30$  years of age who have a higher prevalence of coronary heart disease<sup>3</sup>.

The European Society of Cardiology guidelines recommends pre-participation screening (PPS) in the medical examination before sports practice. Among the aspects that can influence the prevalence of some alterations in an athlete's ECG are age, sex, race, type and intensity of training, and sports history<sup>2</sup>.

The objective of our study is to determine the prevalence of electrocardiographic abnormalities that could endanger the lives of elite and sub-elite professional athletes based on normal, borderline, and abnormal findings in the ECG of players described in International Recommendations<sup>4</sup>.

## Material and method

### Data collection and study population

This retrospective observational study was performed only on men elite football players, men elite baseball players, men elite basketball players, and men sub-elite football players (second division, third division, U-15, U-17, and U-20). Data was collected from pre-competition ECGs performed by team-affiliated physicians in the 2012 – 2019 preseasons on active-roster athletes and sub-elite players. Weight, fat mass percentage, and fat-free mass were measured with a bioimpedance scale. The maximum oxygen consumption was measured indirectly from a test of incremental and intermittent maximum effort on a treadmill with the protocol described by Kindermann<sup>5</sup>, starting at 6 km/h with an incline of 5%. Each stage lasted 3 minutes with a passive rest of 30 seconds between each, and speed was increased by 2 km/h between each stage until volitional fatigue. Oxygen consumption was estimated with the formula described by Pugh<sup>6</sup>, including the time spent during the last stage reached.

### ECG Analysis

The resting 12-lead ECGs were recorded at a 10 mm/mV voltage and a paper speed of 25 mm/s. Quantitative ECG data were obtained with manual measurements by the investigators. The P-wave, PR interval, and QRS duration were measured to the nearest 2 ms from the averaged PQRST complex in lead II. If the PR interval was  $< 120$  ms in lead II, all leads

were measured. The PR interval was categorized as short if  $< 120$  ms in all leads. The R- and S-wave amplitudes were measured to the nearest 1  $\mu$ V as the mean of the highest amplitude in the QRS complexes. The maximum P-wave amplitude was measured in lead II. The QT intervals were corrected for heart rate (HR) (QTc) using Bazett's formula. The qualitative characteristics of each ECG were analyzed using the international recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes<sup>4</sup> to detect accepted training-related ECG findings and findings classified as borderline and abnormal. The physiological cardiac adaptations to regular exercise consisted of increased QRS voltage for left ventricular hypertrophy (LVH) or right ventricular hypertrophy (RVH), incomplete right bundle branch block (RBBB), early repolarization, juvenile T-wave pattern, sinus bradycardia, sinus arrhythmia, ectopic atrial rhythm, junctional escape rhythm, first-degree atrioventricular block (AV) and Mobitz Type I second-degree AV block. For borderline electrocardiogram findings in athletes, left axis deviation, left atrial enlargement, right axis deviation, right atrial enlargement, and complete RBBB. The abnormal findings were T wave inversion, ST-segment depression, pathologic Q waves, complete left bundle branch block (LBBB), nonspecific intraventricular conduction disorder, epsilon wave, ventricular pre-excitation, long QT interval, Brugada type 1 pattern, profound sinus bradycardia ( $< 30$  bpm or sinus pauses  $> 3$  sec), profound atrioventricular block ( $> 400$  ms), Mobitz Type II second-degree AV block, third-degree AV block, atrial tachyarrhythmias, ventricular extrasystoles, and ventricular arrhythmias.

### Statistical analysis

Categorical variables were presented as frequencies and percentages (%) and continuous variables as means and standard deviation (SD). The Kolmogorov-Smirnov test was performed to assess the normality of quantitative variables. An analysis of variance (ANOVA) was performed for multiple comparisons of parametric data and the Kruskal-Wallis's test for non-parametric data. When the comparisons were performed between only two groups, Student's t-test, or the Mann-Whitney test were used as applicable. SPSS version 25 (IBM Corp., Armonk, NY) was used for data analysis. Statistical significance was set at a p-value  $< 0.05$ .

## Results

### Athlete characteristics and quantitative ECG variables

A total of 716 ECGs were included in the study, of which 103 were elite football players, 131 elite baseball players, 46 elite basketball players, and 436 sub-elite football players (second division, third division, U-15, U-17, and U-20). Athletes were aged  $21.04 \pm 6$  years (range 14 – 45), the mean height was  $178.6 \pm 8.4$  cm (range 158 – 228), and weight  $75.7 \pm 15.4$  kg (range 49.7 – 131.8). Basketball players were taller and heavier than football and baseball players (Table 1). They also had the lowest fat mass percentage, with baseball players having the highest values. Aerobic capacity, expressed in absolute (l/min) and relative (ml/kg/min) values of maximal oxygen uptake volume, was significantly lower in baseball players than in the other groups of athletes. Training loads were similar in the three groups. Regarding ECG measurements, the

**Table 1. Athlete and training characteristics by sport.**

| Characteristic                       | Sport            |                    |                     | p-value |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|---------|
|                                      | Soccer (n = 103) | Baseball (n = 131) | Basketball (n = 46) |         |
| Age, y                               | 25.9 ± 4.4       | 27.79 ± 5.4        | 28.5 ± 4.3          | <0.001  |
| Height, cm                           | 178.4 ± 6.7      | 182.2 ± 2.3        | 196.1 ± 10.6        | <0.001  |
| Weight, kg                           | 75.3 ± 7.6       | 96.2 ± 12.5        | 98.4 ± 13.9         | <0.001  |
| BMI, kg/m <sup>2</sup>               | 23.6 ± 1.6       | 28.9 ± 3.1         | 25.4 ± 1.8          | <0.001  |
| fat-free mass, kg                    | 65.2 ± 6.9       | 77.6 ± 8.0         | 87.9 ± 13.1         | <0.001  |
| Fat mas, %                           | 13.2 ± 3.1       | 18.8 ± 5.9         | 10.6 ± 3            | <0.001  |
| Absolute VO <sub>2</sub> , l/min     | 4.3 ± 0.4        | 4.1 ± 0.5          | 4.7 ± 0.6           | <0.001  |
| Relative VO <sub>2</sub> , ml/kg/min | 54.1 ± 3         | 45.1 ± 5.6         | 48.5 ± 5.4          | <0.001  |
| Training                             |                  |                    |                     |         |
| - Duration, min                      | 134.5 ± 34.2     | 135.6 ± 69.6       | 128.6 ± 32.3        | 0.328   |
| - Frequency, days per week           | 1.3 ± 0.5        | 1.7 ± 0.4          | 1.6 ± 0.4           | 0.174   |
| - Sessions, per day                  | 5.8 ± 0.6        | 6.3 ± 0.7          | 5.4 ± 1.1           | 0.503   |

BMI, body mass index; VO<sub>2max</sub>- maximal oxygen consumption. Mean ± SD.

**Table 2. Quantitative ECG variables in elite soccer, baseball, and basketball players.**

| Variable         | Sport            |                    |                     | p-value |
|------------------|------------------|--------------------|---------------------|---------|
|                  | Soccer (n = 103) | Baseball (n = 131) | Basketball (n = 46) |         |
| Heart rate, bpm  | 56.17 ± 9.2      | 63.9 ± 10.7        | 54.8 ± 11.5         | <0.001  |
| PR interval, ms  | 171 ± 25         | 164 ± 25           | 181 ± 33            | <0.001  |
| QRS duration, ms | 99 ± 81          | 92 ± 15            | 92 ± 14             | 0.631   |
| QTc interval, ms | 402 ± 33         | 385 ± 29           | 395 ± 31            | <0.001  |

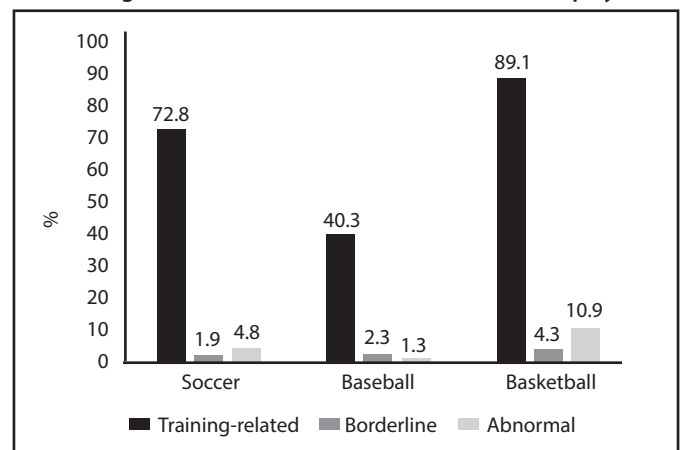
Mean ± SD.

mean heart rate at rest was 60.6 ± 10 bpm, the PR interval 163 ± 25.5 ms, the QRS duration 93.2 ± 38.4 ms, and the QTc interval 398.9 ± 29.6. We observed significant differences in heart rate, PR, and QTc interval among the three elite groups (Table 2).

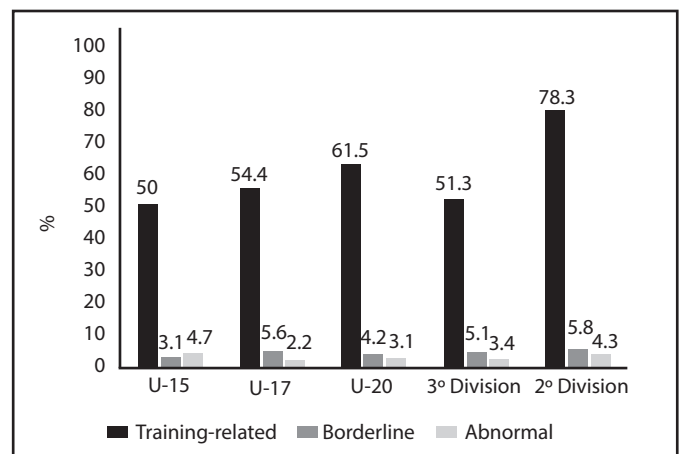
### Training-related ECG findings

Figures 1 and 2 show the prevalence of ECG findings classified as training-related, borderline, or abnormal in elite and sub-elite players. Overall, the ECG was considered normal in 91.6%, with common training-related ECG changes found in 63.1%, 16% had two or more findings. Sinus bradycardia was the most prevalent training-related ECG finding at rest (47.2%), followed by incomplete right bundle branch block (8.2%); both were more frequent in basketball players. The lowest heart rate was 35 bpm, seen in two elite football players. There were differences between elite and sub-elite ECG findings; for example, increased QRS voltage for LVH or RVH and early repolarization were more frequently observed in sub-elite than in elite players. Otherwise, first-degree AV block was seen in 6% of elite players versus 0% in the sub-elite group (Tables 3 and 4). The most prevalent training-related ECG finding with effort was incomplete RBBB (2.1%), followed by early repolarization (0.3%).

**Figure 1. Prevalence of training-related, borderline, and abnormal ECG findings in elite football, baseball, and basketball players.**



**Figure 2. Prevalence of training-related, borderline, and abnormal ECG findings in sub-elite football players.**



**Table 3. Training-Related ECG Findings in elite soccer, baseball, and basketball players.**

| Finding                              | Sport No. (%)    |                    |                     |
|--------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------|
|                                      | Soccer (n = 103) | Baseball (n = 131) | Basketball (n = 46) |
| Increased QRS voltage for LVH or RVH | 8 (7.7)          | 4 (3)              | 5 (10.8)            |
| Incomplete RBBB                      | 6 (5.8)          | 11 (8.3)           | 6 (13)              |
| Early repolarization                 | 0                | 7 (5.3)            | 4 (8.6)             |
| T wave inversion V1-V3 < age 16      | 0                | 0                  | 0                   |
| Sinus bradycardia                    | 66 (64)          | 49 (37.4)          | 37 (80.4)           |
| Ectopic atrial or junctional rhythm  | 1 (0.9)          | 0                  | 1 (2.1)             |
| 1° AV block                          | 4 (3.8)          | 5 (3.8)            | 8 (17.3)            |

LVH: left ventricular hypertrophy; RVH: right ventricular hypertrophy; RBBB: right bundle branch block; AV: atrioventricular.

**Table 4. Training-Related ECG Findings in sub-elite soccer players.**

| Finding                              | Classification No. (%) |               |               |                        |                       |
|--------------------------------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|-----------------------|
|                                      | U-15 (n = 64)          | U-17 (n = 90) | U-20 (n = 96) | 3rd Division (n = 117) | 2nd Division (n = 69) |
| Increased QRS voltage for LVH or RVH | 2 (3.1)                | 12 (13.3)     | 13 (13.5)     | 16 (13.6)              | 14 (20.2)             |
| Incomplete RBBB                      | 5 (7.8)                | 7 (7.7)       | 15 (15.6)     | 14 (11.9)              | 6 (8.6)               |
| Early repolarization                 | 11 (17.1)              | 3 (3.3)       | 8 (8.3)       | 8 (6.8)                | 11 (15.9)             |
| T wave inversion V1-V3 < age 16      | 1 (1.5)                | 0             | 0             | 0                      | 0                     |
| Sinus bradycardia                    | 24 (37.5)              | 36 (40)       | 44 (45.8)     | 35 (29.9)              | 44 (63.7)             |
| Ectopic atrial or junctional rhythm  | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 0                     |
| 1° AV block                          | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 0                     |

U-15: under 15 years; U-17: under 17 years; U-20: under 20 years; LVH: left ventricular hypertrophy; RVH: right ventricular hypertrophy; RBBB: right bundle branch block; AV: atrioventricular.

**Borderline and abnormal ECG findings**

The prevalence of borderline ECG readings among all the participants was 3.9%. The most frequent finding was right axis deviation, mostly in sub-elite football players (3.4% vs. elite, 1.07%).

The prevalence of abnormal ECG findings overall was 4.2%, of which 76% of the cases are represented by T wave inversion (3.2%) followed by ventricular pre-excitation (0.5%). However, the only abnormality in the sub-elite group was T wave inversion. Further findings are provided in Tables 5 and 6.

**Table 5. Borderline and Abnormal ECG findings in elite soccer, baseball, and basketball players.**

| Finding                    | Sport No. (%)  |                  |                     |
|----------------------------|----------------|------------------|---------------------|
|                            | Soccer n = 103 | Baseball n = 131 | Basketball (n = 46) |
| <b>Borderline</b>          |                |                  |                     |
| Left axis deviation        | 1 (0.9)        | 1 (0.7)          | 1 (2.1)             |
| Left atrial enlargement    | 0              | 0                | 0                   |
| Right axis deviation       | 1 (0.9)        | 2 (1.5)          | 0                   |
| Right atrial deviation     | 0              | 0                | 1 (2.1)             |
| Right atrial enlargement   | 0              | 0                | 0                   |
| Complete RBBB              | 0              | 0                | 0                   |
| <b>Abnormal</b>            |                |                  |                     |
| T wave inversion           | 5 (4.5)        | 1 (0.7)          | 2 (4.3)             |
| Pathologic Q waves         | 1 (0.9)        | 0                | 0                   |
| Complete LBBB              | 0              | 0                | 0                   |
| Ventricular pre-excitation | 1 (0.9)        | 0                | 3 (6.5)             |
| Prolonged QT interval      | 1 (0.9)        | 1 (0.7)          | 0                   |

RBBB: right bundle branch block; LBBB: left bundle branch block.

**Table 6. Borderline and abnormal ECG findings in sub-elite soccer players.**

| Finding                    | Classification No. (%) |               |               |                        |                       |
|----------------------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|-----------------------|
|                            | U-15 (n = 64)          | U-17 (n = 90) | U-20 (n = 96) | 3rd Division (n = 117) | 2nd Division (n = 69) |
| <b>Borderline</b>          |                        |               |               |                        |                       |
| Left axis deviation        | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 1 (1.4)               |
| Left atrial enlargement    | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 0                     |
| Right axis deviation       | 2 (3.1)                | 3 (4.6)       | 3 (3.1)       | 3 (2.5)                | 2 (2.8)               |
| Right atrial deviation     | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 0                     |
| Right atrial enlargement   | 0                      | 0             | 0             | 1 (0.8)                | 0                     |
| Complete RBBB              | 0                      | 2 (3.1)       | 1 (1)         | 2 (1.7)                | 1 (1.4)               |
| <b>Abnormal</b>            |                        |               |               |                        |                       |
| T wave inversion           | 3 (4.6)                | 2 (3.1)       | 3 (3.1)       | 4 (3.4)                | 3 (4.3)               |
| Pathologic Q waves         | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 0                     |
| Complete LBBB              | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 0                     |
| Ventricular pre-excitation | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 0                     |
| Prolonged QT interval      | 0                      | 0             | 0             | 0                      | 0                     |

U-15: under 15 years; U-17: under 17 years; U-20: under 20 years; RBBB: right bundle branch block; LBBB: left bundle branch block.



## Discussion

Preparticipation screening (PPS) in athletes is important to assess their physical condition and avoid complications. In the classifications used to evaluate electrocardiograms by expert doctors, we have three types of findings: normal, abnormal, and borderline<sup>2</sup>. It is important to classify each athlete to avoid one of the greatest fears in sports, sudden death.

In our study, the first thing we compared were the demographics: weight, height, and BMI. Our study found that basketball players were taller and heavier than football and baseball players. They also had the lowest fat mass percentage, with baseball players having the highest values. A Stanford study involving 641 college athletes compared teams from different sports and found that athletes who play basketball are taller and heavier but have a lower BMI<sup>7</sup>. This study corroborates that, athletes who practice basketball are taller than athletes of any other sports and have a lower fat mass and BMI. Thus, the type of sport practiced by athletes greatly influences the physical characteristics they need.

The maximal oxygen uptake or aerobic capacity ( $VO_{2max}$ ), which is affected or related to body weight and expressed in absolute (l/min) and relative (ml/kg/min) values of maximal oxygen uptake volume, was significantly lower in baseball players. There are no studies that compare aerobic capacity between athletes from different sports. We recommend further research in this area of opportunity.

Regarding common ECG findings, we found that sinus bradycardia was the most prevalent training-related ECG change at rest (47.2%), followed by an incomplete right bundle branch block (8.2%). Both were more frequent in basketball players. In a study of 40 runners, 25 of the participants presented sinus bradycardia as the most frequent training-related finding, followed by LVH by voltage criteria in 12 (30%) and early repolarization in 11 (20.4%)<sup>8</sup>. These were also found in Brunei, a cross-sectional descriptive study of 100 athletes, where it was found that the most frequent changes related to training were, first, sinus bradycardia (29%), followed by J-point elevation (18%), and last, right atrial enlargement (7%)<sup>9</sup>. In a study by Beale *et al.*, 43 athletes participated, the most frequent finding was sinus bradycardia (97.6%), followed by left ventricular hypertrophy (65%), and early repolarization (97.6%)<sup>10</sup>. In another study of 519 NBA-affiliated basketball players, early repolarization was the most prevalent training-related ECG finding. It was present in 362 athletes (72.6%)<sup>11</sup>. In Abubakar's study, the only normal finding due to frequent training was sinus bradycardia in 29%<sup>11</sup>. As seen in the previously mentioned studies, the most frequent findings ranged from sinus bradycardia and early repolarization. These changes can be because systematic sports training can produce chronic changes and/or cardiovascular adaptations, defined as "athletic heart syndrome," with the antecedent of prolonged and intense systemic sports practice and required physical performance<sup>12</sup>.

Borderline ECG among all our participants was 3.9%, and the most frequent change was right axis deviation, mostly in sub-elite football players (sub-elite, 3.4% vs. elite, 1.07%). Kaleta found right atrial enlargement higher at 42.5%, followed by left atrial enlargement at 37.5%<sup>9</sup>. In our study, borderline findings existed in a very low percentage of athletes, and the most frequent was atrial hypertrophy (2.6%), followed by complete right branch block (0.5%)<sup>13</sup>. As seen in previous studies, the most frequent borderline ECG findings are left and right atrial enlarge-

ment with 13.3 and 8.9%, respectively<sup>11</sup>. In the study by Beale, the most frequent finding was left axis deviation (4.7%), followed by right atrial enlargement (2.3%)<sup>10</sup>. The most frequent borderline findings found in the different studies were very similar; however, atrial enlargements are more prevalent than in our study, in which axis deviation predominated. We believe that there should be extensive surveillance of these types of patients if they present symptoms because the findings on the ECG are not normal and could affect their physical condition<sup>12</sup>.

Finally, the overall prevalence of abnormal ECG findings was 4.2%, of which 76% represented T wave inversion (3.2%), followed by ventricular pre-excitation (0.5%). Like our study, the most frequent training-unrelated ECG change in Beale *et al.*<sup>10</sup> was T-wave changes with 4.6%. In the same way, in Waase's study, the most prevalent abnormal finding was the T wave inversion with 6.2%<sup>11</sup>. However, Gademan's study found that the most common finding was ST-segment depression. A finding different from all the studies was a pathological Q wave in a low percentage<sup>7</sup>. All these studies have in common the findings in changes in the T wave; however, Gademan calls our attention to the appearance of a pathological Q wave. Additional studies should be performed on this type of athlete regardless of their medical history, even if they do not have symptoms. An initially abnormal ECG may have a predictive value that requires careful follow-up and monitoring due to the possibility of developing heart disease later<sup>12</sup>.

## Conclusions

Electrocardiographic changes in athletes are frequent; however, constant tracking of abnormal parameters or borderline changes is recommended. The most common electrocardiographic changes were those classified as normal related to physical activity, finding sinus bradycardia first, followed by incomplete right bundle branch block, which was more prevalent in basketball players. On the other hand, the most frequent borderline change in the participants was right axis deviation seen in sub-elite players, and the most prevalent abnormal change was T wave inversion. Some of the limitations of our study were that there were only men, and the predominant sport was football. This limitation occurred because we had the athletes' data since 2016 with more information about elite and sub-elite categories. Another limitation of this study is that the athletes who had an ECG abnormality were not followed to assess whether there was an outcome to determine its validity as a finding. It is suggested that further research should study the electrocardiographic changes in elite and sub-elite athletes and compare these changes considering the biological sex of the athletes to see if there is any difference.

## Acknowledgment

We thank the Department of Sports Medicine and Rehabilitation of the University Hospital "Dr. José Eleuterio González" for the opportunity to work with elite athletes

## Conflict of interest

The authors do not declare a conflict of interest.

## Bibliography

1. Masia D. Muerte Súbita en el Deporte. Prevención en práctica de actividad física. 2018.
2. Serratos-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.
3. Corrado D, Pelliccia A, Bjornstad HH, Vanhees L, Biffi A, Borjesson M, et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common european protocol - consensus statement of the study group of sport cardiology of the working Group of Cardiac Rehabilitation an. *Eur Heart J*. 2005;26:516–24.
4. Sharma S, Drezner JA, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, et al. International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *Eur Heart J*. 2018;39:1466–80.
5. Kindermann W, Simon G, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1979;42:25–34.
6. Pugh LG. Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance. *J Physiol*. 1970;207:823–35.
7. Gademan MG, Uberoi A, le V Van, Mandic S, Van Oort ER, Myers J, et al. The effect of sport on computerized electrocardiogram measurements in college athletes. *Eur J Prev Cardiol*. 2012;19:126–38.
8. Kaleta AM, Lewicka E, Dąbrowska-Kugacka A, Lewicka-Potocka Z, Wabich E, Szerszyńska A, et al. Electrocardiographic abnormalities in amateur male marathon runners. *Adv Clin Exp Med*. 2018;27:1091–8.
9. Abu Bakar NA, Luqman N, Shaaban E, Abdul Rahman H. Prevalence and predictors of electrocardiogram abnormalities among athletes. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2018;26:603–7.
10. Beale AL, Julliard M V., Maziarski P, Ziltener JL, Burri H, Meyer P. Electrocardiographic findings in elite professional cyclists: The 2017 international recommendations in practice. *J Sci Med Sport*. 2019;22:380–4.
11. Waase MP, Kannan Mutharasan R, Whang W, DiTullio MR, DiFiori JP, Callahan L, et al. Electrocardiographic findings in national basketball association athletes. *JAMA Cardiol*. 2018;3:69–74.
12. Yañez F. Síndrome corazón de atleta: historia, manifestaciones morfológicas e implicancias clínicas. *Rev Chil Cardiol*. 2012;31:215–25.
13. Huttin O, Selton-Suty C, Venner C, Vilain JB, Rochecongar P, Aliot E. Electrocardiographic patterns and long-term training-induced time changes in 2484 elite football players. *Arch Cardiovasc Dis*. 2018;111:380–8.

## Espíritu **UCAM** Espíritu Universitario

**Miguel Ángel López**

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



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

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

# The influence of the menstrual cycle on the practice of physical exercise: narrative review

Francielle de Assis Arantes<sup>1,3</sup>, Osvaldo Costa Moreira<sup>1,4</sup>, Gleiverson Saar Sequeto<sup>3</sup>, Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Graduate Program in Physical Education in an association with UFV/UFJF, Viçosa, MG, Brazil. <sup>2</sup>Department of Physical Education. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brazil. <sup>3</sup>Impulse Physiotherapy Ltda-me, Ubá, MG, Brazil. <sup>4</sup>Institute of Biological and Health Sciences. Universidade Federal de Viçosa (UFV) – Campus Florestal, Forestal, MG, Brazil.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00148

Recibido: 19/07/2022

Aceptado: 05/06/2023

## Summary

**Introduction:** The menstrual cycle (MC) is the second most important biological rhythm, regulated by the hypothalamic-pituitary-ovarian axis and all the hormones involved in it. In addition to reproductive functions, it is speculated that changes in hormone production during different phases of the menstrual cycle may influence other physiological systems, which may have an impact on women's physical performance. In this way, studying the influences of the menstrual cycle on physical exercises gains importance, since little is said about the organization of strategies and intervention for the performance of physical exercises that take into account the possible impacts and changes caused by the MC.

**Objective:** To review the influence of MC in the practice of aerobic and resistance exercises.

**Material and method:** The search for articles was carried out in the databases: PubMed and Google Scholar, from August to September 2021, without restriction on date and type of publication, and all articles in English and Portuguese were considered. The research was based on the phases of the menstrual cycle in eumenorrheic young women, who may or may not be athletes, but without known dysfunctions of the menstrual cycle.

**Conclusions:** Hormonal fluctuations during MC may not significantly and directly affect the cardiorespiratory or musculoskeletal system during physical exercise, as there is the question of the biological individuality of each woman, as well as the relationship with the self-reported symptoms.

## Key words:

Hormones. Menstrual cycle. Physical exercise.

## La influencia del ciclo menstrual en la práctica de ejercicio físico: una revisión narrativa

### Resumen

**Introducción:** El ciclo menstrual (CM) es el segundo ritmo biológico más importante, regulado por el eje hipotálamo-pituitario-ovárico y todas las hormonas involucradas en él. Además de las funciones reproductivas, se especula que los cambios en la producción de hormonas durante las diferentes fases del ciclo menstrual pueden influir en otros sistemas fisiológicos, lo que puede tener un impacto en el rendimiento físico de la mujer. De esta forma, el estudio de las influencias del ciclo menstrual sobre los ejercicios físicos cobra importancia, ya que poco se habla de la organización de estrategias e intervención para la realización de ejercicios físicos que tengan en cuenta los posibles impactos y cambios provocados por el CM.

**Objetivo:** revisar la influencia del CM en la práctica de ejercicios aeróbicos y de resistencia.

**Material y método:** La búsqueda de artículos se realizó en las bases de datos: PubMed, Scielo y Google Scholar, de agosto a septiembre de 2021, sin restricción de fecha y tipo de publicación, y se consideraron todos los artículos en inglés y portugués. La investigación se basó en las fases del ciclo menstrual en mujeres jóvenes eumenorreicas, que pueden ser deportistas o no, pero sin disfunciones conocidas del ciclo menstrual.

**Conclusiones:** Las fluctuaciones hormonales durante la CM pueden no afectar significativa y directamente el sistema cardiorespiratorio o musculoesquelético durante el ejercicio físico, ya que está la cuestión de la individualidad biológica de cada mujer, así como la relación con los síntomas autoreferidos.

## Palabras clave:

Hormonas. Ciclo menstrual. Ejercicio físico.

Correspondencia: Francielle de Assis Arantes

E-mail: francielle.arantes@ufv.br

## Introduction

During the menstrual cycle (MC), women are exposed to continuous variations in serum concentrations of various female sex steroid hormones regulated by the hypothalamus-pituitary-ovarian axis. Regular hormonal fluctuations of the four major female sex hormones, estrogen, progesterone, follicle stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH), are essential for regulating ovulatory cycle patterns<sup>1</sup>.

Despite individual variations, the MC lasts an average of 28 days comprising two distinct cycles: the ovarian cycle and the endometrial cycle. The ovarian cycle is divided into follicular and luteal phases. In the former, estrogens gradually increase, causing FSH and LH to reach their peak, while progesterone remains low at all time. The luteal phase is determined by the actions of estrogen and progesterone. The endometrial cycle is divided into a proliferative phase, a secretory phase and menstruation. Endometrial growth is the primary outcome of the proliferative phase and it is mediated by the estrogen increase. The primary outcome of the secretory phase is the maturation of the endometrium. Decreasing levels of estrogens halt endometrial lining growth. When conception does not occur, the endometrial lining is replaced to prepare for the next cycle, therefore the ovarian hormones estrogen and progesterone decrease greatly and menstruation begins<sup>2,3</sup>.

With the growing number of women who practice regular physical exercises, the *Brazilian Society of Sports Medicine* in 2000 recommended that the prescription of exercises for women should aim to reduce the deleterious effects of physical inactivity, also taking into account the cardiorespiratory conditioning, muscular endurance and strength, body composition and flexibility of these women before exercise prescription<sup>4</sup>.

In addition to reproductive functions, it is speculated that changes in hormone production during different phases of the menstrual cycle may influence other physiological systems, such as: cardiovascular system and skeletal muscle, which may have an impact on physical performance and quality of life of the women. In this way, it is important to return to the primary understanding about the hormones involved in the MC to study their influences on physical exercises, and increasingly gains value and helps to fill scientific gaps, since little is said about the organization of strategies and intervention. For carrying out physical exercises, sports practices, leisure activities, which take into account the possible impacts and alterations caused by MC and its hormones. Therefore, it is necessary to correlate the influence of the hormones that make up the ovarian and endometrial cycles with the practice of physical exercises, in order to improve the exercise prescription, taking into account the volume, intensity and type of exercise, which can be developed according to the peculiarities of each woman. In this sense, the present study aims to review the influence of MC during the practice of aerobic and resistance exercises.

## Material and method

As a search strategy for the present study, narrative review was understood as a category of articles suitable for describing and discussing the development of a given subject. It does not inform the sources of information used, such as the methodology for searching references and

the criteria for selecting works, therefore it does not have a methodology that allows the reproduction of data and does not provide quantitative answers to specific questions. They basically consist of an analysis of the literature published in books, articles in printed and/or electronic magazines in the interpretation and personal critical analysis of the author<sup>5</sup>.

The search for articles was carried out in the databases: PubMed, Scielo and Google Scholar, from August to September 2021, without restriction on date and type of publication, and all articles in English and Portuguese were considered. The research was based on the phases of the menstrual cycle in eumenorrheic young women, who may or may not be athletes, but without known dysfunctions of the menstrual cycle.

The terms used for the search were: (menstrual cycle OR menstrual phase) AND (physical exercise OR physical activity OR physical performance). Then, duplicates were eliminated and the title and abstract were read, discarding all articles not specific to the topic. From then on, the article was read in full to obtain relevant and clear information that could contribute and elucidate the proposed objective. In addition, the lists of bibliographical references of the selected articles were consulted, in order to insert studies that, perhaps, could be relevant to the discussion proposed in the present study. An overview of the search and screening process is provided in Figure 1.

## Development

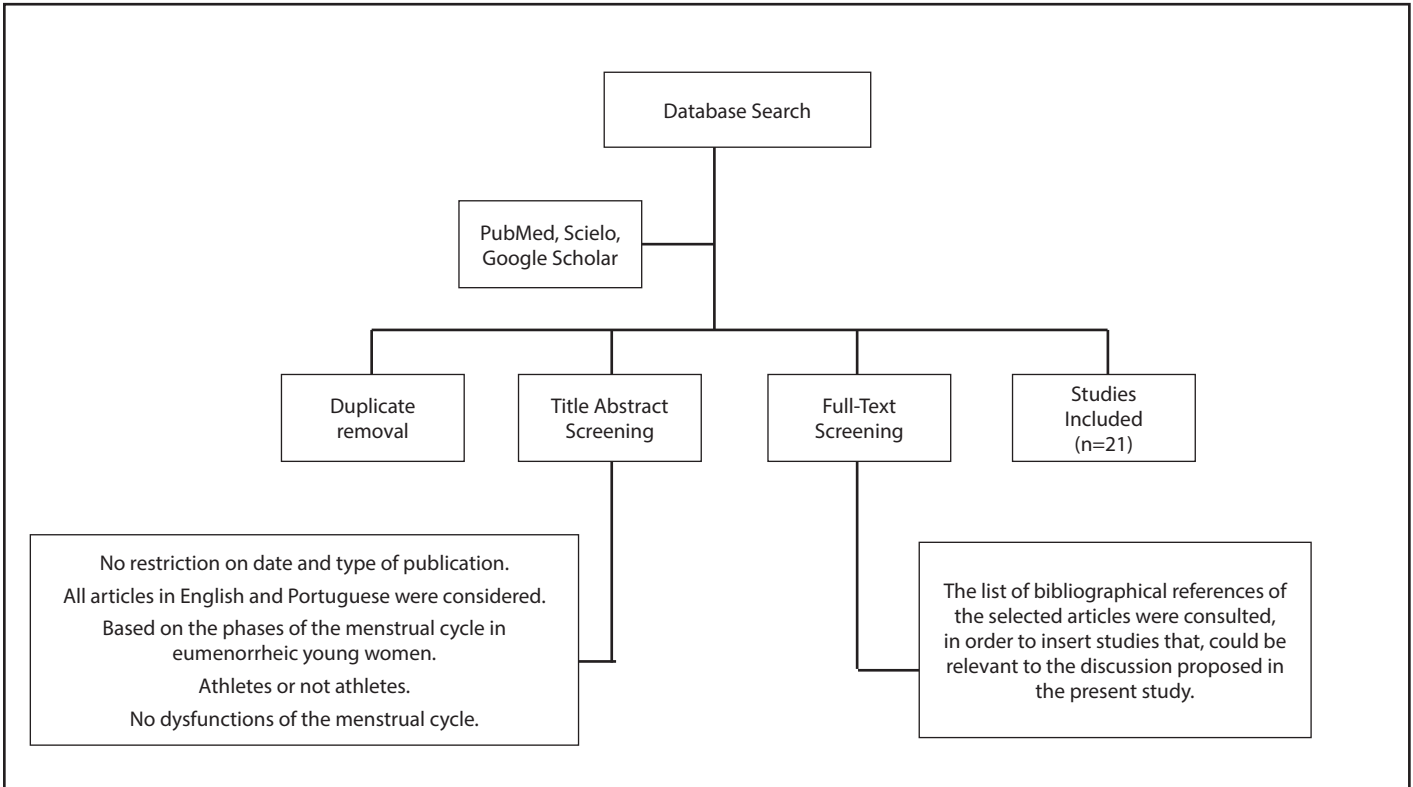
The positive and negative feedback relationship in the hypothalamic-pituitary-ovarian axis can help in understanding variations in physical performance throughout the menstrual cycle. The gonadotropic hormones (LH and FSH) and the ovarian hormones (progesterone and estrogen) play a role in the pituitary, ovarian and endometrial hormonal cycle. However, although the hormonal physiological pattern is widely present in all eumenorrheic women, the concentration and duration of cycle events show great individual variability. These hormonal oscillations generate changes in the perception of the woman's body, such as fluid retention, weight gain, physical performance, as well as changes in mood and sleep, and other variables. Given the complexity of the subject, the aim of this narrative review is to present topics related to the physiology of the hormonal system, female sex hormones, MC itself and its relationship with physical exercise (resistance and aerobic). For a better understanding, a Table 1 was created with the descriptions of the articles included.

## Hormones

Hormones are molecules produced by the endocrine glands, secreted into body fluids, and then transported by the blood to target cells. There are different types of hormones that interact with their receptor and trigger a cascade of biochemical reactions in the target cell that eventually modify the cell's function or activity being either general or local. Hormones that affect all or almost all cells in the body are defined as general, however some hormones have only a few target cells and specific receptors, these are designated as local. The target cells of each hormone are characterized by the presence of certain coupling molecules (the receptors) for the hormone that are located on the surface or inside the cell. For instance, ovarian hormones exert specific



Figure 1. Literature review process.



Fuente: autor

effects on the female sex organs as well as the secondary characteristics of women, on the other hand, growth hormone induces the growth of all or almost all parts of the body<sup>6,7</sup>.

The female hormonal system presents itself in three hierarchies of hormones: [1] hypothalamic releasing hormone, the gonadotropin-releasing hormone (GnRH); [2] the adeno-pituitary hormones secreted in response to the release hormone of the hypothalamus, follicle-stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH); [3] the ovarian hormones, secreted in response to the two hormones of adeno-pituitary, estrogen and progesterone. These hormones are not secreted constantly occurring changes in levels during the menstrual cycle<sup>6</sup>.

### Gonadotropins, progesterone and estrogen

Gonadotropins (FSH and LH) are hormones that act on the gonads and these hormones have a clear influence with the menstrual cycle. FSH and LH are small glycoproteins that have observed effects on the ovaries in women, which stimulate their ovarian target cells by combining with highly specific FSH and LH receptors on cell membranes and these activated receptors increase the rate of secretion of these cells, as well as their growth and proliferation. By exposing each one separately, FSH has the function of provoking the growth of follicles and the production of estrogen in the ovaries. Low levels of FSH in women

will stimulate estrogen production, whereas high levels will inhibit it. Another gonadotropin is LH, which function is to promote the secretion of estrogen and progesterone, in addition to the follicle rupture, causing the release of the egg<sup>6,8</sup>.

The regulation of gonadotropin secretion is quite complex, encompassing pulsatile, periodic, diurnal and cyclic elements involved in the menstrual cycle. The effects of changes in the levels of each of these hormones are influenced by the different stages of a woman's life. Its secretion is controlled by the gonadotropin-releasing hormone (GnRH), secreted by the hypothalamus and acts on the adeno-pituitary<sup>8</sup>.

There are estrogens and progestins as far as ovarian hormones are concerned. The most important of the estrogens is estradiol while the most important progestin is progesterone. Steroid or non-steroidal in nature, they are the main mediators of ovarian effects on the hypothalamic-pituitary system. However, ovarian changes during the menstrual cycle are totally dependent on gonadotropic hormones secreted by the anterior pituitary. Estrogens mainly promote the proliferation and growth of specific cells in the body and are responsible for the appearance of most secondary sexual characteristics in women, in addition to stimulating the deposition of body fat, as a way of preparing the mother's body for pregnancy. Its regulation is related to FSH and LH and also depends on the time of life, as well as testosterone<sup>6-8</sup>.



Table 1. Description of included studies.

| Author(s), year                 | Purpose of the study  | cycle phase                                    | (n)  | Protocol or evaluation used   | Conclusion   |
|---------------------------------|---|--|--|---|--|
| Gil <i>et al.</i> , 2017        | To analyze the effect of strength training (ST) with blood flow restriction (BFR) training on muscle power and submaximal strength (SS) of upper and lower limbs in eumenorrheic women. | 1) EFP<br>2) OVU<br>3) LLT                     | 40 women (18–40 years), untrained. (G1) HI ET (low intensity) at 80% of 1RM; (G2) LI TF (high intensity) at 20% of 1RM + BRF; (GC) LI at 20% of 1RM - control group. | Protocol for each group: ST: 8 sessions<br>Tests: Medicine ball (MB), Horizontal jump (HJ), Vertical jump (VJ), Bicep curl (BC) and Knee extension (KE).  | ST with BFR does not seem to improve LL and LL potency and may be an alternative to improve LL SS in eumenorrheic women.   |
| Rael <i>et al.</i> , 2021       | To analyze the impact of sex hormone fluctuations along the MC on the cardiorespiratory response to high-intensity interval exercise in athletes.                                       | 1) EFP<br>2) LFP<br>3) ELP                     | Resistance-trained eumenorrheic women.   | MC calendar; urinary LH; Serum hormone analysis; Training: 8 × 3 minutes at 85% of your maximum aerobic speed with a 90-second recovery at 30% of your maximum aerobic speed.                     | It appears that sex hormone fluctuations across the MC are not high enough to disrupt tissue adjustments caused by high-intensity exercise.  |
| Barbosa <i>et al.</i> , 2007    | Identify the variation in sensory perception and motor response in the different phases of the MC.  | 1) EFP<br>2) LFP<br>3) OVU<br>4) ELP<br>5) TLP | 30 women (18-40 years old).  | Pulse generator: pulsed electrical currents; Sensory Perception Threshold (SPT); Motor response threshold (MST).  | SPT and MST varied systematically across the MC phases, influencing sensorimotor behavior.   |
| Darlington <i>et al.</i> , 2001 | Optokinetic function and postural stability at different MC phases.   | 1) EFP<br>2) IFP<br>3) ELP                     | 16 university physical education students (20-35 years old).   | Serum hormone concentrations: estrogen and progesterone.  | Although the MC phase has no ↔ in the anteroposterior oscillation, it significantly affected the lateral oscillation, with FFP oscillation significantly > than in the other phases and oscillation on day 25 significantly > than on day 21 of the cycle. |
| Fouladi <i>et al.</i> , 2012    | To investigate the effect of CM on knee joint position sense (SDP) in healthy female athletes.  | 1) EFP<br>2) MFP<br>3) ILP                     | 16 healthy athletes.   | Measurement: joint position sensor; Serum levels: estrogen and progesterone; Knee Joint Position Measurement (JPS) sensor.  | Athletes have different levels of JPS in the knee along the MC. JPS accuracy decreases during menstruation, when circulating levels of sex hormones are low. Therefore, female athletes are > at risk for menstruation injuries.                           |
| Fridén <i>et al.</i> , 2006     | To investigate knee joint kinesthesia and neuromuscular coordination in women with a moderate level of activity in three well-defined phases of the MC.                                 | 1) EFP<br>2) OVU<br>3) ILP                     | 32 healthy, moderately active women (25 of them had at least one hormonally verified menstrual cycle).   | Kinesthesia of the knee joint; Neuromuscular coordination: jump test.   | The variation of sex hormones in the MC has an effect on the performance of knee joint kinesthesia and neuromuscular coordination.   |
| Melegario <i>et al.</i> , 2006  | To investigate whether there are differences in the degree of flexibility in the MC phases of young adult women practicing academic gymnastics.   | 1) EFP<br>2) OVU<br>3) TLP                     | 20 women (18-35 years old); No use of oral contraceptives.   | Consultation: menstrual cycle and physical activity. Flexibility: goniometry with 8 movements. Hormone test: estrone, estradiol and progesterone levels.  | The results found showed that there was no ↔ on the degree of flexibility of the studied group, during the different phases of the MC.   |
| César, Pardini and Barros, 2001 | Investigate the effects of running training long distances in the MC, bone density, body composition and aerobic power.   | 1) LUT   | Endurance runners and 8 women, non- practitioners of regular physical activity - GC).  | Serum levels : estradiol, progesterone and prolactin; Bone density : spine and femur; Lean mass, body fat and % fat; ergospirometric test max; attendance monitoring _ heart training in runners. | The practice of long distance running did not cause menstrual or hormonal disturbances.  |
| Brar , Singh and Kumar, 2015    | To observe the effect of MC on cardiac autonomic function parameters in healthy women.  | 1) EFP<br>2) LFP<br>3) ILP                     | 50 young women; cycling practitioners; without using contraceptives.   | Heart Rate Variability (HRV)  | Increased sympathetic outflow in the secretory phase compared to the proliferative phase and increased parasympathetic outflow in the proliferative phase compared to the secretory phase.   |

(continued)

Table 1. Description of included studies (continuation).

| Author(s), year                      | Purpose of the study  | cycle phase   | (n)   | Protocol or evaluation used  | Conclusion  |
|--------------------------------------|---|---|---|--|---|
| (Barba-Moreno <i>et al.</i> , 2019)  | To investigate the effects of these fluctuations on cardiorespiratory responses during steady state exercise in women.          | 1) EFP<br>2) IFP<br>3) LUT to the:<br>1) HP<br>2) NHP | 23 resistance-trained healthy women, (15 on regular MC and 8 on oral contraceptive cycle).  | Test: 40 minutes of running at 75% of your maximum aerobic speed.  | The lack of clinical significance of these differences and the non-differences of other physiological variables indicate that MC had a small impact on submaximal exercise in the present study.              |
| Dias <i>et al.</i> , 2005            | To verify the effect of the different phases of the MC on the performance of the FM in a test of 10 maximum repetitions (10RM). | 1) EFP<br>2) OVU<br>3) ILP                            | 8 young women (20-25 years old), physically active, practitioners of resistance exercises, who used AO.   | Measurements: body weight and height;<br>Strength: 10RM test.  | There are no variations in the maximum FM during the different phases of the MC.  |
| Simão <i>et al.</i> , 2007           | Check if there are differences in the FM levels of the LL and SS.   | 1) EFP<br>2) OVU<br>3) LLT                            | 19 trained eumenorrheic women (21-32 years). Regular MC; experience Minimum 3 years in strength training.                                       | FM: 8RM test, an open front pull on the pulley tall and leg press 45°.   | Influence of MC on the ability to produce FM in LL. For upper limbs, there were practically no load changes in any of the assessed phases.  |
| Ramos <i>et al.</i> , 2018           | Check the FM of the lower limbs in the four phases of the MC.   | 1) EFP<br>2) LFP<br>3) OVU<br>4) ELP                  | 15 women (18-39 years old); Bodybuilders; Use of oral or injectable contraceptives.   | Submaximal load test on leg device press 45°.  | The MC can influence the strength of the LL.  |
| Romero-Moraleda <i>et al.</i> , 2019 | Investigate fluctuations in muscle performance.   | 1) EFP<br>2) LFP<br>3) ILP                            | 13 eumenorrheic and resistance-trained women. No contraceptive use.   | Pre -experimental test: half-squat 1RM; Body mass; Tympanic temperature; daily urinary LH; On the second day of each phase: Strength: half-squats, with 20, 40, 60 and 80% of 1RM. Load, force, velocity and power: measured during the concentric phase using a rotary encoder. | Eumenorrheic women have similar FM and power performance in the Smith machine half-squat exercise during the three phases of the MC.  |
| Dasa <i>et al.</i> , 2021            | To investigate the effect of female MC on strength and power performance in highly trained athletes.                            | 1) FOL<br>2) LUT                                      | 29 athletes (8 eumenorrheic women and 21 under hormonal contraceptive use - control group). And team sports: football, handball and volleyball. | F M: maximum voluntary isometric grip; Sprint: 20 m; Jump: counter-movement; Leg-press: pneumatic. levels: confirm cycle phase.  | Not observed ↔ performance based on the use of hormonal contraceptives. This suggests that MC does not alter acute FM and power performance at the group level in high-level team athletes.                   |
| Lima <i>et al.</i> , 2012            | Investigate whether there are differences in FM levels between menstrual and post-menstrual periods.                            | 1) EFP<br>2) LFP                                      | 25 sedentary women (18-25 years old), 10 not using contraceptives and 15 using contraceptives.  | FM: 1RM test - handgrip dynamometer; Questionnaires: depression , tension syndrome Resumen premenstrual period and changes in mood, physical and depressive.   | The study reports a > mean of the forces averages and maximums during the post-menstrual phase, however, there were no differences in handgrip strength between user and non-user women. contraceptive users. |
| Souza <i>et al.</i> , 2015           | Check possible alterations caused by the phases of the MC in the production of FM and EMG.                                      | 1) FOL<br>2) OVU<br>3) LUT                            | 9 healthy, physically active women, not using contraceptives.   | FM: MVCs; EMG: rectus femoris (RF), vastus medialis (VM) and vastus lateralis (VL) muscles.  | The muscles evaluated in the luteal phase presented > FM production when compared to the other phases and the VL was the most activated muscle in all analyzed phases.  |

n: sample size; MC: Menstrual Cycle; OA: Oral Contraceptive; EFP: Early Follicular Phase; LFP: Late Follicular Phase; UVO: Ovulatory Phase; ELP: Early Luteal Phase; ILP: Intermediate Luteal Phase; LLP: Late Luteal Phase; FOL: Follicular Phase; LUT: Luteal Phase; HP: Hormonal Phase; NHP: Non-Hormonal Phase; FM: Muscular Strength; 1 RM: One Rep Maximum; MVC: Maximum Voluntary Contraction; EMG: Electromyographic Activity; LL: Lower Limbs; SS: Upper Limbs; >: biggest; <: smallest; ↔: no difference between MC phases.

On the other hand, progesterone increases the vascularization of the body and mainly the cervix, responsible for preparing the uterus for implantation of the egg, increasing core temperature and preparing the breasts for lactation. In body composition, progesterone increases muscle mass and fat storage<sup>7,8</sup>. During the first half of the ovarian cycle, progesterone appears in small amounts in the plasma, being secreted in approximately equal amounts by the ovaries and the adrenal cortex, whereas in the second half of each ovarian cycle it is significantly secreted by the corpus luteum<sup>6,7</sup>.

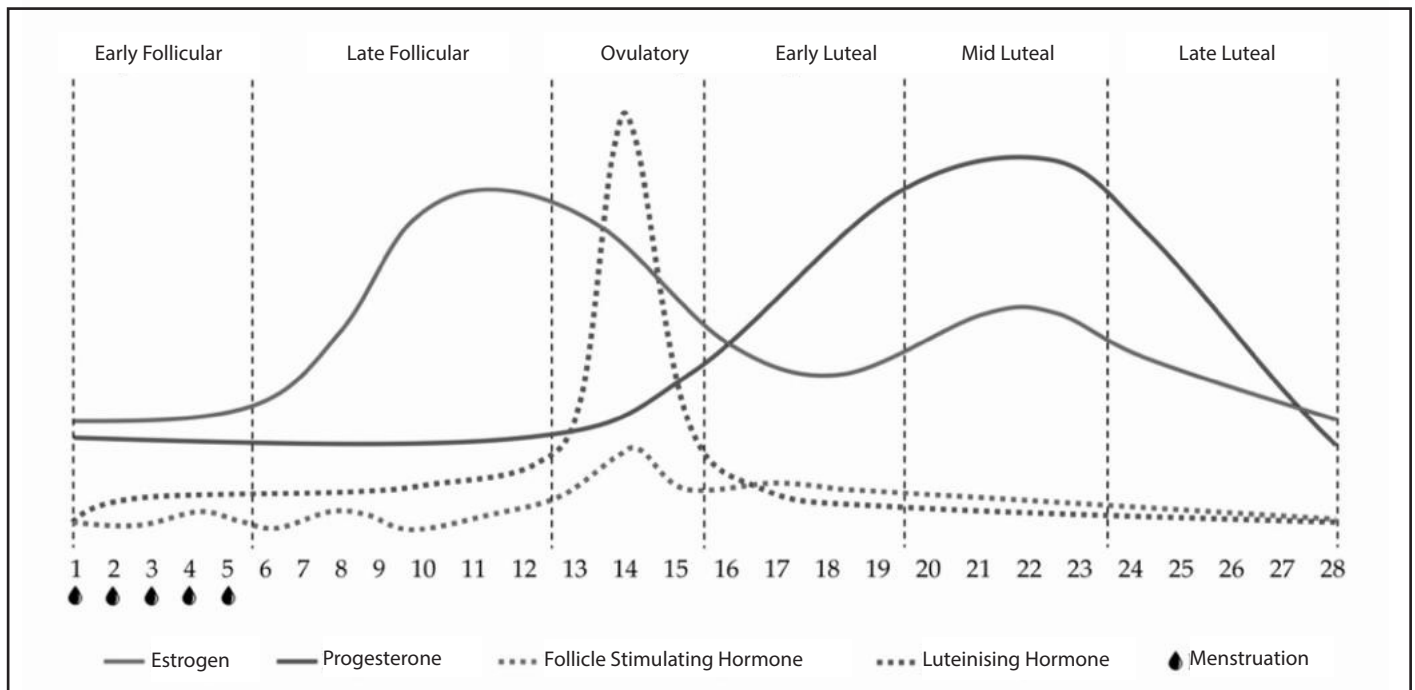
### Menstrual cycle

The MC is dependent on endocrine, autocrine, and paracrine factors that regulate ovarian follicular development, ovulation, luteinization, luteolysis, and endometrial remodeling<sup>10</sup>. Ovarian hormones, steroidal or non-steroidal in nature, are the main mediators of ovarian effects on the hypothalamic-pituitary system<sup>11</sup>. The MC has a sequence of circa-monthly rhythms that lasts an average of 28 days, with inter-individual variations, in which there are responses to the concentration of hormones in the hypothalamic-pituitary-ovarian axis.

Endocrine communication between hormones and glands determine the two main phases of MC, separated by mid-cycle ovulation: the follicular phase, which focuses on the maturation of a reproductive cell, and the luteal phase, which is characterized by the formation of the corpus luteum and its regression<sup>1,6,8,12</sup>. However, classifying MC using only these two phases does not sufficiently distinguish the multiple hormonal environments that occur within these two phases. Therefore, MC is typically expressed in surveys using subphases such as: early follicular, late follicular, ovulatory, early luteal, mid-luteal, and late luteal<sup>13</sup>.

Despite individual variations, fluctuations in the four major female sex hormones are essential for regulating the patterns of the ovulatory cycle. A few days before menstruation, about two to three days, the corpus luteum involutes, decreasing levels of progesterone, estrogen and inhibin (a glycoprotein hormone, which has a negative feedback effect on the anterior pituitary and hypothalamus). In the absence of fertilization, the endometrium loses its supply and degenerates, breaking down with menstrual bleeding. The early follicular phase (EFP) is considered by the onset of menstruation and usually takes 4 to 6 days to complete. This phase is also characterized by low serum concentration of female hormones. The late follicular phase (LFP) continues until ovulation occurs, during this time estrogen increases as the ovarian follicles mature. Reaching the estrogen peak, there is an increase in the secretion of gonatropin-releasing hormone, which generates a rapid increase in LH. This LH still surges in the LFP triggering ovulation, which follows the rupture of the mature follicle and release of the egg into the uterus. After ovulation, the initial luteal phase occurs, in which the ruptured follicle becomes the corpus luteum and secretes progesterone and a small amount of estrogen. The progesterone peak, with the second peak of less estrogen takes place to prepare the endometrium for implantation of the fertilized egg. This phase ends if a fertilized egg is implanted. But if the egg remains unfertilized, the corpus luteum will be degraded, causing a decline in progesterone and estrogen. In the late luteal phase, the cycle prepares to restart with the shedding of the uterine lining for menstruation to begin again. In MC, the estimated time of each phase is shown in Figure 2, however these phases are variable, mainly due to the moment of ovulation<sup>1,6</sup>.

**Figure 2. Hormonal events and phases in a 28-day eumenorrheic menstrual cycle.**



Adapted from Carmichael et al., 2021.

## The relationship between menstrual cycle and physical exercise

Physical exercises are activities systematically programmed with the objective of improving physical performance, promoting improvements in respiratory and cardiac capacity, muscle strength, among others<sup>14</sup>. Physical exercise is considered to be a factor that disturbs the body's homeostasis, which can stimulate the secretion of certain hormones and inhibit others.

Gil *et al.*, 2017 and Rael *et al.*, 2021, explain that physical performance can change throughout a MC due to several mechanisms such as: altered muscle activation, substrate metabolism, thermoregulation and body composition. Female sex hormone concentrations can result in altered strength production, affecting muscle strength and potency. Regarding hormonal effects, estrogen has a neuroexcitatory effect and progesterone inhibits cortical excitability, which result in a positive and negative relationship in strength production. Such studies assume that greater strength and potency results would be produced when progesterone is low during the follicular phase, especially when estrogen reaches peak during the late follicular phase, and lower strength results would be produced in the luteal phase when progesterone is high<sup>10,15</sup>.

There is a cyclical regulation of sex hormone levels during MC, which in addition to reproductive functions, can influence other physiological aspects as those related to the cardiovascular system, skeletal muscle and adipose tissue. Some studies suggest that estrogen and progesterone have an influence on aerobic and anaerobic capacity, changes in soft tissues, muscle strength, proprioception, neuromuscular coordination and postural control. Estrogen acts on the CNS and at the cellular level, decreasing collagen production in tendons by attenuating fibroblast activity. In addition to its receptors being present in skeletal muscle, which influences motor control and myofascial force transmission patterns. On the other hand, progesterone during the luteal phase, has a central thermogenic effect increasing body temperature, improving minute ventilation and response to maximal exercise. Still in the luteal phase, the increase in progesterone metabolizes neurosteroids such as: allopregnanolone and pregnanolone which can infer balance and motor function disorders in this phase due to the action on GABA-A receptors<sup>16-19</sup>.

Based on this principle, it is assumed that female hormones would be responsible for increased ligament laxity and decreased neuromuscular performance. However, Melegario *et al.*, 2006, in their study with a sample of 20 women who practice gymnastics at a gym, aged between 18 to 35 years, with regular MC and who did not use oral contraceptives, concluded that MC does not interfere with the flexibility variable<sup>20</sup>.

Also about connective tissue, Chidi-Ogbolu & Baar, 2019, in a review study, evaluated the effects of estrogen on musculoskeletal function and how these changes affect performance, adaptation and risk of injuries in an active population. The analyzed studies showed that estrogen improves muscle proteostasis and increases collagen content in tendons, however, as more women participate in sports, the physiological effects of estrogen contribute to decrease potency and performance and make women more prone to ligament injuries<sup>21</sup>.

Several studies, such as by Carmichael *et al.*, 2021, try to establish whether the MC phase influences muscle and tendon stiffness and

whether it can be a risk factor for soft tissue injuries. Some of these studies are presented in the narrative review by (Carmichael *et al.*, 2021) in which the authors present articles that point out that stiffness is affected by the MC phase and can alter performance through changes in tissue stiffness. It has been suggested that increasing estrogen concentration in certain phases of MC can reduce stiffness, decreasing collagen synthesis and therefore collagen density in muscles and connective tissues<sup>13</sup>.

## Menstrual cycle and aerobic exercises

Cesar, Pardini and Barros, 2001, conducted a study that evaluated women who practiced running and did not practice physical activity to investigate the effects of long-distance running training on the MC and other variables. The practice of long-distance running did not cause menstrual or hormonal disorders, despite the great distances covered weekly by the athletes. Aerobic physical exercise provided the following benefits to runners: greater aerobic power, demonstrated by maximum oxygen consumption and anaerobic threshold, greater lean mass and lower body fat content compared to women who did not practice physical activities<sup>22</sup>. The serum dosage in this study was performed only in the luteal phase (from the 15th day of the MC) which restricts the possible influences of hormonal oscillations on aerobic exercises in other phases of the MC.

Regarding prolonged exercise, De Jonge, 2003, in his review study analyzed the potential effects of fluctuations in female steroid hormones (estrogen and progesterone concentrations) during MC on exercise performance, and exposes that MC may have effect on exercises. Although most research suggest that oxygen consumption, heart rate, and rating of perceived exertion responses to submaximal steady-state exercise are not affected by MC, several studies report an increase in cardiovascular exertion during moderate exercise in the mid-luteal phase. During prolonged exercise in hot conditions, a decrease in exercise time to exhaustion is shown during the mid-luteal phase, when body temperature is elevated. Thus, the mid-luteal phase has a negative potential effect on prolonged exercise performance through elevated body temperature and potentially increased cardiovascular effort but when it comes to athletes who menstruate regularly and compete in intense aerobic sports, there is no need to adjust the phase of the menstrual cycle to maximize their performance<sup>23</sup>. Unlike the study above which only analyzed the luteal phase of the MC, the De Jonge review in 2003, analyzed studies that measured estrogen and progesterone to check the phase of the menstrual cycle, besides that his review speaks very well about the various types of tests used to verify the phases of the MC as well as possible bias in the tests, which helps to guide further research.

The MC hormonal fluctuations are linked to variations in autonomic nervous system (ANS) functions. Physiological changes along the MC can be demonstrated by heart rate variability (HRV) which is a measure of cardiac autonomic tone. Brar, Singh and Kumar, 2015, conducted a study with 50 young women who go cycling regularly, which consisted of analyzing the time and heart rate domain in the different phases of the MC, with the objective of knowing the effect of the MC on the parameters of cardiac autonomic function in healthy women. They concluded that differences in HRV parameters may be due to parasympathetic predominance during the proliferative phase and sympathetic activity

in the secretory phase. A difference in the balance of ovarian hormones may be responsible for these changes in autonomic functions during MC<sup>2</sup>. The study excluded women using oral contraceptive pills, serum levels were collected on three different occasions of the MC and always at the same time of day to avoid variations and a complete menstrual history was made, with the nature, flow, regularity and total duration of the cycle but the time in which this history was followed up is not reported.

Responses to submaximal exercise may depend on the MC phase, that is, a less effective cardiorespiratory response may occur with submaximal exercise during the luteal phase when progesterone levels are significantly elevated. However, the lack of clinical results from these differences and the non-differences from other physiological variables indicate that the menstrual cycle has a small impact on submaximal exercise<sup>24</sup>. The study by Barba-Moreno *et al.*, 2019, came to these results after a study of 23 healthy, resistance-trained, eumenorrheic or oral contraceptive users women. Both groups had the same experimental protocol, differing only from the laboratory tests in which the eumenorrheic group had three collections (early follicular phase, medium follicular phase and luteal phase) and the contraceptive group had two collections (non-hormonal phase and hormonal phase). In this study, the history of the MC was also carried out but unlike the previous one, the authors requested information on the last four MC before the beginning of the collections. In the end, the authors Barba-Moreno *et al.*, 2019, expose possible limitations regarding the real effects that could be greater or smaller than those reported<sup>24</sup>.

The study by Rael *et al.*, in 2021, analyzed the impact of sex hormone fluctuations along the MC on the cardiorespiratory response to high-intensity interval exercise in athletes. Ventilation was impacted by the MC phase during warm-up, interval running protocol, and cool-down. On the other hand, HR had the main effect of the MC phase along the high-intensity intervals and it presented lower values in the PEF compared to the PF. However, the authors show that some previous studies have not reported an effect of the MC phase on the HR response to exercise and would suggest that the increase in cardiorespiratory effort due to high-intensity exercise is greater than any possible increase caused by progesterone. Thus, the effect of progesterone on this physiological variable may be hidden by high-intensity exercise<sup>10</sup>. The study by Rael *et al.*, 2021, carried out a three-step method composed of collecting information on the last six MC of the athletes to determine the phases, measurement of urinary LH and serum hormone levels analysis which soon brings a greater reliability for the data, in addition to the study is part of IronFEMME, an observational cross-sectional study carried out with physically active and healthy women.

In conclusion, most studies presented in a recent narrative review concluded that MC phases had no effect on aerobic exercise performance<sup>13</sup>. In short, current results indicate that exercise performance may be reduced during MC phases, especially in the early follicular phase compared to all others. However, due to the effect, the low methodological quality and the great variation among the studies carried out to the present moment, general guidelines on exercise performance in the MC cannot be made, however it is recommended that a personalized approach can be done based on each individual's response to exercise performance in the MC<sup>25</sup>.

## Menstrual cycle and resistance exercises

When assessing muscle strength, Dias *et al.*, 2005, verified the effect of the different phases of the MC on the strength performance in a 10 RM test of upper and lower limbs. Eight trained women in regular use of oral contraceptives were evaluated. The results showed that in the front pulley pulldown, there were no significant differences in strength when comparing the three phases of the MC. Regarding the leg press, variations were observed without significant differences in the interphase loads, mainly between the follicular and luteal phases. In conclusion, the study reports that there are no significant variations in maximal muscle strength during the different phases of the MC. The authors explain that there is no relationship between the periodization of strength training as a function of the endocrine profile of each phase. Since such fluctuations in serum concentrations of estrogen and progesterone are not enough to affect physical performance, however they explain that there is indeed a decrease in performance along the MC and that these may be the result of some variables considered individual<sup>26</sup>. In another similar study, the authors also collected strength measurements during MC but their sample did not use oral contraceptives. Unlike the previous study, Simão *et al.*, 2007, reported that there is an influence of the MC on the ability to produce strength in the lower limbs, however it is not seen in the upper limbs that there were practically no changes in load in any of the phases evaluated<sup>27</sup>. In both studies, there were limitations which should be taken care of when extrapolating the results, the sample size, the difficulty in defining the phases of the cycle and the collection in a single MC.

Ramos *et al.*, 2018, wanted to assess lower limb muscle strength in the four phases of the MC and again observed that the MC did not affect muscle strength performance<sup>28</sup>. When investigating the variations in muscle strength, speed and power production in three different phases of the MC in resistance exercises performed with loads equivalent to 20, 40, 60 and 80% of 1RM, in the half-squat of the Smith machine, Romero-Moraleda *et al.*, in 2019, also observed that the MC did not affect muscle performance for the mean and maximum values of strength, speed and power, which suggests that the muscle strength and power performance of eumenorrheic women are not affected by different phases of the MC<sup>1</sup>. The study by Ramos *et al.*, 2018, evaluated muscle strength in the four phases of the MC but it occurred in a single cycle and did not use the collection of serum hormones, whereas Romero-Moraleda *et al.*, 2019, also had a small sample but with triathletes, used a menstrual history of four months prior to regular cycles and evaluated within three phases of the menstrual cycle but there was also no serum dosage of female sex hormones to confirm the duration of the cycle and the beginning and the end of each phase.

Thompson *et al.*, 2020, conducted a systematic review to identify and critically evaluate studies on the effect of MC and oral contraceptives on responses to resistance training. Less than 20 studies met the inclusion criteria but with a limited number of participants and methodological issues. The results suggest conflicting findings that female hormones may affect resistance training responses<sup>29</sup>. Reinforcing these results, the rapid literature review by Cunha *et al.*, 2021, shows that the regular MC of physically active women can exert an effect on physical performance, however such effect was found in the minority of studies<sup>30</sup>.



In these reviews, the limited number of articles implies conflicting results, mainly due to methodological issues such as the reduced number of participants, use of contraceptive methods, different ways of evaluating the phases of the MC, exercises and sports.

Studies carried out with athletes especially during competitions can generate sample loss due to different factors such as: injuries, training/competition schedules, besides length individual variation and beginning of the MC and difficulty in taking exams and tests on specific dates of the cycle. In this sense, the study by Dasa *et al.*, 2021, also analyzed the effect of MC on athletic performance. However, they did not find statistically significant changes in the follicular and luteal phases. These findings propose that the MC phase should not be considered important for athletic testing or competition emphasizing strength and power performance<sup>31</sup>.

Hormonal fluctuations can alter physical performance but individual variables influenced by hormones can indirectly generate changes in women's performance. In another aspect, thinking about self-assessment and self-report of symptoms, the study by Costa e Silva *et al.*, 2017, evaluated how premenstrual tension syndrome (PMTS) would influence university women's physical activity and quality of life in the Physical Education course. Regarding to daily life physical activity of university students, PMTS generates losses, since sports practice is part of their daily lives and in their academic performance because of the symptoms<sup>32</sup>.

The study by Lima *et al.*, 2012, presents results of higher average of the middle and maximum force during the postmenstrual phase. The authors recommend periodizing training to gain muscle strength in relation to hormonal fluctuations within the MC because such fluctuations in serum concentrations of estrogen and progesterone are sufficient to affect physical performance<sup>33</sup>. In agreement with the periodization of training Souza *et al.*, 2015, show that the greater production of isometric strength of the rectus femoris, vastus medialis and vastus lateralis muscles during the luteal phase can be considered a finding for coaches to modify the periodization of training in women under the same conditions. And possibly increase the intensity of training in the luteal phase would be a good alternative for people who wanted more efficient results in strength gain for the lower limbs. In their study, Souza *et al.*, 2015, verified the possible changes caused by the phases of the MC in the production of force and in the electromyographic activity of the quadriceps femoris muscles and the results suggest that the different phases of the MC in women can influence the performance of muscle strength and electromyographic activity<sup>34</sup>. As foreseen in the other studies, some limitations must be considered to extrapolate the results such as: the reduced number of participants, definition of the menstrual cycle of each woman, the use of serum hormone levels and the collection, being restricted by just one MC.

Finally, in their review Carmichael *et al.*, 2021, present that muscle strength was reported in five studies to be affected by the MC phase while another five studies reported no effects and only 1 study reported a change in some strength outcomes and no change in other strength outcomes. Despite inconsistencies in the findings, muscle strength would be impaired during the late luteal phase<sup>13</sup>.

## Results

As a result of the research, a Table 1 was used that contains elements for a better understanding, it contains experimental studies, with authors and year, phase of the MC studied, sample and sample number, evaluation processes and study development protocols, and to finalize the completion of studies.

It is worth highlighting two reviews related to the proposed theme, the first a systematic review by Thompson, *et al.*, 2020, which aimed to identify and critically evaluate current studies on the effect of the MC and oral contraceptives on responses to training of resistance. Of the 2,007 articles found, only 17 studies met the criteria and were included, with a total of 418 participants aged between 18 and 38 years. The reviewed articles reported conflicting results and were often limited by methodological issues, but it is realized that female hormones can affect resistance training responses<sup>29</sup>. McNulty *et al.*, 2020, also performed a systematic review with meta-analysis, which examined how exercise performance would be affected by the MC phase in 78 studies, and found that there was a trivial reduction in exercise performance during the CM phase. early follicular compared to other phases of the CM. In addition, they brought a network diagram illustrating the pairwise effect sizes calculated in the six phases of CM from 73 studies<sup>25</sup>.

Finishing with Carmichael, *et al.*, 2021, who contemplated a narrative review with the aim of complementing some existing systematic reviews, in which they explored the impact of the MC phase on perceived and objectively measured performance in athletic populations. Research has found that the MC plays a mediating role in physical performance and shows that the phases of the MC affect strength, aerobic and anaerobic performance differently. If the training is modified based on the MC phase, the performance variable to be used and the objectives of the sessions must be considered<sup>13</sup>.

## Conclusions

The present study aimed to review the influence of the MC on the practice of exercises and despite the divergences in the literature, it is considered necessary to relate the variables of the practice of physical exercises with the phases of the MC. Therefore, in the initial follicular phase, lighter exercises are suggested. More intense exercise may be prescribed in the late follicular phase, when estrogen rises and peaks, which affects body fat distribution. In the ovulatory phase, there is the possibility of a decrease in physical performance, but estrogen still circulating maintains physical performance. In the medium luteal phase, there is an increase in progesterone, in which women are more prone to fat loss, so their muscular and aerobic resistance can be developed. With a late luteal phase, hormones begin to drop, but it is worth mentioning that in this phase there is a perception of decreased performance by women, mainly because it is the phase that precedes menstruation, with a new cycle.

Hormonal fluctuations during MC may not significantly and directly affect the cardiorespiratory or musculoskeletal system during physical exercise, as there is the question of the biological individuality of each woman, as well as the relationship with the self-reported symptoms.



By developing this theme, we believe that we can clarify some doubts, but also demonstrate the importance of physiologically understanding the hormones related to BC, for a better performance of several professionals who deal with women inside and outside the competitive environment.

There are several limitations regarding the study and research on MC, namely: difficulty in determining the stages of MC, sample number, type of sample (eumenorrheic women, use of contraceptives or not, what are the dosages of these contraceptives), types of exercises and evaluators of physical performance. So, it remains for future research to determine in which phases of the MC there are oscillations that really influence the practice of physical activity, as well as which exercise prescription strategies, such as intensity and volume, would be ideal for a woman's best performance.

## Acknowledgements

This study was supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) - APQ-02915-21.

## Conflict of interest

The authors declares that there no conflict of interest.

## Bibliography

- Romero-Moraleda B, Del Coso J, Gutiérrez-Hellín J, Ruiz-Moreno C, Grgic J, Lara, B. The influence of the menstrual cycle on muscle strength and power performance. *J Hum Kinet.* 2019;68:123–33.
- Brar TK, Singh KD, Kumar A. Effect of different phases of menstrual cycle on heart rate variability. *J Clin and Diagn Res.* 2015;9:01–4.
- Janse De Jonge X, Thompson B, Han A. Methodological recommendations for menstrual cycle research in sports and exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51:2610–17.
- Carvalho T, Nóbrega ACL, Lazzoli JK, Magni JRT, Rezende L, Drummond FA, Oliveira MAB, Rose EH, Araújo CGS, Teixeira JM. Position statement of the Brazilian society of sports medicine: physical activity and health. *Rev Bras Med Esporte.* 2000;6:79–81.
- Rother, E. T. Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem.* 2007; 20.
- Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology. In: *Female physiology before pregnancy and female hormones.* Philadelphia; 1996. p. 786-99.
- Hiller-Sturmhöfel S, Bartke A. The endocrine system: an overview. *Alcohol Health Res World.* 1998;22:153–64.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 2005;35:339–61.
- Mihm M, Gangooly S, Muttukrishna S. The normal menstrual cycle in women. *Anim Reprod Sci.* 2011;124:229–36.
- Rael B, Alfaro-Magallanes VM, Romero-Parra N, Castro EA, Cupeiro R, Janse De Jonge XAK, Wehrwein EA, Peinado AB. Menstrual cycle phases influence on cardiorespiratory response to exercise in endurance-trained females. *Int J of Environ Res Public Health.* 2021;18:1–12.
- Messinis IE, Messinis CI, Dafopoulos K. Novel aspects of the endocrinology of the menstrual cycle. *Reprod Biomed Online.* 2014;28:714–22.
- Eiling E, Bryant AL, Petersen W, Murphy A, Hohmann E. Effects of menstrual-cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:126–32.
- Carmichael MA, Thomson RL, Moran LJ, Wycherley TP. The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. *Int J of Environ Res Public Health.* 2021;18:1–24.
- Cheik NC, Reis IT, Amador R, Heredia G, Ventura ML, Tufik S, Karen H, Antunes M, Tulio M. Effects of the physical exercise and physical activity on the depression and anxiety in elderly individuals. *R. bras. Ci. e Mov.* 2003;11:45–52.
- Gil ALS, Neto GR, Sousa MSC, Dias I, Vianna J, Nunes RAM, Novaes JS. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2017;37:221–8.
- Barbosa MB, Montebelo MIL, Guirro ECO. Determination of sensory perception and motor response thresholds in different phases of the menstrual cycle. *Rev. bras. fisioter.* 2007;11:443–9.
- Darlington CL, Ross A, King J, Smith PF. Menstrual cycle effects on postural stability but not optokinetic function. *Neurosci Lett.* 2001;307:147–50.
- Fouladi R, Rajabi R, Naseri N, Pourkazemi F, Geranmayeh M. Menstrual cycle and knee joint position sense in healthy female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20:1647–52.
- Fridén C, Hirschberg AL, Saartok T, Renström P. Knee joint kinaesthesia and neuromuscular coordination during three phases of the menstrual cycle in moderately active women. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:383–9.
- Melegario SM, Simão R, Vale RGS, Batista LA, Novaes JS. The influence of the menstrual cycle on flexibility in gym gym ers. *Rev Bras Med Esporte.* 2006;12:125–8.
- Chidi-Ogbolu N, Baar K. Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. *Front Physiol.* 2019;9:1834.
- Cesar MC, Pardini DP, Barros TL. Effects of long-term exercise on the menstrual cycle, bone density and aerobic power of runners. *R. bras. Ci. e Mov.* 2001;9:7–13.
- Janse De Jonge, XAK. Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Med.* 2003;33:833–51.
- Barba-Moreno L, Cupeiro R, Romero-Parra N, Janse De Jonge XAK, Peinado AB. Cardiorespiratory responses to endurance exercise over the menstrual cycle and with oral contraceptive use. *J Strength Cond Res.* 2019;36:392–9.
- McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, Thomas K, Hicks KM. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2020;50:1813–27.
- Dias I, Simão R, Novaes JS. Effect of the different phases of the menstrual cycle on a 10 m test. *Fitness & Performance Journal.* 2005;4:288–92.
- Simão R, Maior AS, Nunes APL, Monteiro L, Chaves CPG. Variations in upper and lower limb muscle strength in the different phases of the menstrual cycle. *Rev Bras Med Sport.* 2007;15:47–52.
- Ramos HC, Morales PJ, Souza WC, Brasilino MF, Brasilino FF. Analysis of the muscular strength of the lower limbs in women who practice bodybuilding in the different phases of the menstrual cycle. *RBPFE.* 2018;12:29–37.
- Thompson B, Almarjawi A, Sculley D, Janse De Jonge XAK. The effect of the menstrual cycle and oral contraceptives on acute responses and chronic adaptations to resistance training: a systematic review of the literature. *Sports Med.* 2020;50:171–85.
- Cunha MP, Magatão M, Silva DF, Queiroga MR, Silva MP, Paludo AC. Effect of the menstrual cycle on physical exercise performance: a quick review of the literature. *RBPFE.* 2021;15:194–202.
- Dasa MS, Kristoffersen M, Ersvær E, Bovim LP, Bjørkhaug L, Moe-Nilssen R, Sagen JV, Haukenes I. The female menstrual cycles effect on strength and power parameters in high-level female team athletes. *Front Physiol.* 2021;12:600-68.
- Costa e Silva RCC, Silva Filho JN, Costa LP. Effects of premenstrual tension syndrome on physical activity of college students of physical education in rio de janeiro. *RBPFE.* 2017;11:550–7.
- Lima RCO, Santos MQ, Veiga PHA, Oliveira MNM. Analysis of muscle strength of handgrip during and after the menstrual cycle. *Rev Fisioter S Fun.* 2012;1:22–7.
- Souza GC, Santos FP, Lima PC, Silva CCDD, Silva SF. Influence of menstrual cycle on neuromuscular parameters. *Pensar a prática.* 2015;18:115-24.

# 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

## Normas de publicación

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

## Ética

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

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

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

# 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.



# BIOALTITUDE® V100



Válido para realizar  
Ejercicio en Hipoxia



60 Litros



120 Litros



15 Litros



# EJERCICIO EN HIPOXIA PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO

## Datos Técnicos - Bioaltitude® V100

**HIPOXIA:** Flujo: 40 - 100 L/min - Concentración de O<sub>2</sub>: 8,5% - 20%

Flujo promedio máximo: 100 L/min.

Flujo pico máximo: 140 l/min

**HIPEROXIA:** Flujo: 0 - 15 L/min

Concentración de O<sub>2</sub>: 70% - 93%

**TIPO DE HIPOXIA:** Dormir / Reposo / Ejercicio /  
Sprints repetidos (RSH)

**MÉTODO:** Separación del aire por método físico

**AIRE HIPERÓXICO:** Sí. hasta 15 L/min

**MEDIDAS / PESO:** 34,4 x 30,6 x 56,5 cm / 20 Kg

**NIVEL SONORO:** <50 dB

**BOLSA DE EXPANSIÓN:** Incluida. 60 litros de capacidad.  
Opcional hasta 240 litros.

**TUBOS:** 2 x 3 m

**GARANTÍA:** 3 años o 5000 horas, en nuestras instalaciones

**MANTENIMIENTO:** Mínimo (limpieza de filtros y reemplazo filtro  
Hepa cada 6 meses)

**PESO:** 20 kilos

## OTROS GENERADORES



400 x 365 x 650 mm  
31 Kilos



318 x 191 x 520 mm  
11 Kilos



760 x 540 x 1390 mm - 120 Kilos