

Determinación ergométrica del índice de eficiencia miocárdica en atletas élites cubanos

Ergometric determination of the myocardial efficiency index in cuban elite athletes

Teresita Danayse Duany Díaz¹ <https://orcid.org/0000-0002-8639-0788>

¹Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Centro de Investigaciones del Deporte Cubano. La Habana, Cuba.

Autor para la correspondencia: tduanyd@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El sistema cardiovascular está expuesto a grandes riesgos durante la práctica deportiva. El tamizaje en el deportista permite la búsqueda intencionada de factores de riesgo. La medición del índice de eficiencia puede hacerse con las pruebas de esfuerzo miocárdica y se utiliza para valorar las vulnerabilidades y el riesgo cardiovascular del individuo.

Objetivos: Determinar el índice de eficiencia miocárdica a través de la ergometría a atletas cubanos de alto rendimiento y establecer el riesgo cardiovascular de cada uno a partir de este parámetro.

Métodos: Estudio descriptivo, transversal, realizado entre octubre de 2017 y marzo de 2020. La muestra fue selectiva intencional y estuvo conformada por 49 atletas del equipo nacional de atletismo, con edades entre los 17 y 32 años.

Resultados: La capacidad funcional fue evaluada de de excelente y muy bien en 24 atletas, para un 49 %. La media del consumo miocárdico de oxígeno tuvo diferencias significativas entre los géneros femenino y masculino. El índice de eficiencia miocárdica promedio fue superior en las mujeres ($p=0,003$); estuvo en valores normales en 42 de los individuos estudiados, mientras que en 7 fue elevado ($p=0,0001$).

Conclusiones: El índice de eficiencia miocárdica resultó un valioso parámetro dentro de la capacidad cardiovascular y se mostró como un indicador de gran utilidad para predecir el riesgo cardiovascular.

Palabras clave: ergometría; consumo de oxígeno; atletas; deportes; miocardio.

ABSTRACT

Introduction: The cardiovascular system is exposed to great risks during sports practice. The screening of the athlete allows the intentional search for risk factors. The measuring of the efficiency index can be done with myocardial stress tests and is used to assess the vulnerabilities and cardiovascular risk of the individual.

Objectives: To determine the myocardial efficiency index through ergometry in Cuban high performance athletes and to establish the cardiovascular risk of each one based on this parameter.

Methods: Descriptive, cross-sectional study, carried out between October 2017 and March 2020. The sample was intentionally selective and consisted of 49 athletes of the national athletics team, aged between 17 and 32 years.

Results: Functional capacity was evaluated as excellent and very good in 24 athletes, for 49%. The average myocardial oxygen consumption had significant differences between male and female genders. The average myocardial efficiency index was higher in women ($p=0.003$); it was in normal values in 42 of the studied individuals, while in 7 it was elevated ($p=0.0001$).

Conclusions: The myocardial efficiency index proved to be a valuable parameter within cardiovascular capacity and was shown to be a very useful indicator for predicting cardiovascular risk.

Keywords: ergometry; oxygen consumption; athletes; sports; myocardium.

Recibido: 27/06/2022

Aceptado: 19/09/2022

Introducción

El sistema cardiovascular se expone a grandes riesgos durante la práctica deportiva, especialmente la de alto rendimiento, debido a los cambios fisiológicos que ocurren en el corazón y los vasos sanguíneos para incrementar la capacidad atlética. Estas modificaciones acontecen muy cercanas a los límites patológicos, por eso la realización de un tamizaje cardiovascular en el deportista es de vital importancia para la medicina del deporte, así como examinar de manera intencionada los indicadores que pudieran afectar la integridad cardiovascular del deportista.⁽¹⁾

La prueba ergométrica, como herramienta médica, permite medir la respuesta hemodinámica con el ejercicio y es muy utilizada para exponer la capacidad funcional del atleta. Requiere de monitoreo electrocardiográfico, así como de la medición de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca desde el reposo hasta la recuperación. En el caso de este último parámetro, se puede estimar de diversas formas su valor máximo teórico al utilizar ecuaciones previstas para tal fin.^(2,3,4,5)

Durante el esfuerzo, que es la base de la ergometría, el gasto cardíaco aumenta a expensas del incremento de la frecuencia cardíaca y de la contractilidad miocárdica junto con una disminución de las resistencias vasculares periféricas (vasodilatación). La presión arterial y la frecuencia cardíaca se elevan también durante el ejercicio; ambas producen el aumento del índice de *Katz* o el doble producto⁽⁶⁾ que es un parámetro de interés durante el esfuerzo. Este se emplea para calcular el consumo miocárdico de oxígeno del cual se considera un fiel indicador. A su vez, el índice de eficiencia miocárdica, que depende del balance entre las variaciones mecánicas del miocardio y el aporte de oxígeno al músculo cardíaco, proporciona información del estado hemodinámico para lo que se requiere de la integridad cardiovascular.^(7,8,9)

Por medio del índice de eficiencia miocárdica se pueden valorar las probables vulnerabilidades y riesgo cardiovascular del individuo entrenado y del que no se ejercita; además permite una mejor estimación de la capacidad del trabajo cardíaco, elemento fundamental en el seguimiento biomédico deportivo. Por ello, el fin de esta investigación es determinar el índice de eficiencia miocárdica en atletas cubanos de alto rendimiento y establecer el riesgo cardiovascular de cada uno a partir de la ergometría, parámetro de gran utilidad para la evaluación de la capacidad cardiovascular de la población deportiva.

Métodos

Se realizó un estudio descriptivo, transversal, en el periodo entre octubre de 2017 y marzo de 2020. El universo estuvo constituido por 90 atletas del equipo nacional de atletismo, de las modalidades de velocidad (100, 200, 400 y 800 metros planos), pruebas múltiples (decatlón para varones y heptatlón para las damas), mediofondistas y maratonistas.

Se incluyeron los atletas que tenían indicada la prueba de esfuerzo para la evaluación de la capacidad funcional máxima cardiopulmonar; fueron excluidos los que se realizaron las ergometrías para el diagnóstico o valoración de arritmias, hipertensión arterial, o ambas; también se descartaron los deportistas que habían detenido su entrenamiento por enfermedades previas y se requería conocer su condición física para la incorporación activa.

La muestra quedó conformada por 49 atletas, 22 mujeres y 27 hombres. Las edades oscilaron entre los 17 y 32 años. Se midieron en estado de reposo la talla (m) y el peso (kg). Antes de iniciar la prueba de esfuerzo, se obtuvo el consentimiento voluntario de cada uno de los participantes, previa información acerca de los objetivos del test, su desarrollo y formas de finalización.

Fueron registrados los datos de la frecuencia cardíaca y la presión arterial en estado de reposo, durante el esfuerzo y en la recuperación. En cada una de las pruebas se realizó un calentamiento inicial de 20 min en una pista adyacente al laboratorio. Durante los primeros 3 min de la ergometría, se llevó a cabo un estadio para la adaptación a la estera rodante (marca *ERGOCID-AT PLUS*) como consecución del calentamiento previo.

Se registró la frecuencia cardíaca y el electrocardiograma mediante la monitorización continua con el software *ERGOCID*, y la presión arterial fue medida con un esfigmomanómetro digital adjunto al ergómetro marca *TANGO*. La frecuencia cardíaca máxima fue calculada según la fórmula $220 - \text{edad}$,⁽¹⁰⁾ computada de manera automática por el software del ergoespirómetro (*ERGOCID*). Se consideró una prueba ergométrica útil cuando la frecuencia cardíaca sobrepasó el 85 % y no superó el 90 % (submáxima), y una prueba máxima, cuando este parámetro estuvo igual o por encima del 90 %; ambos casos ofrecieron utilidad para el diagnóstico de la capacidad funcional cardiopulmonar.

Fueron determinados por medición directa el intercambio gaseoso con la utilización del sensor *METALYZER*, que aportó el dato del máximo consumo de oxígeno y el equivalente metabólico alcanzado. Esto se expresó en METS (*metabolic equivalent of task*), unidad de medida que indica la proporción de oxígeno (ml/kg/min) que el organismo necesita para mantener sus constantes vitales tanto en reposo como en el esfuerzo. Para el promedio de adultos, un MET tiene un valor aproximado de 3,5 a 4 ml/kg/min, rango que corresponde al consumo basal de un individuo.^(11,12)

Para la evaluación del requerimiento metabólico se utilizó el índice estandarizado para las ergometrías: si durante la prueba se obtenían más de 20 METS era excelente (E); el rango entre 16 y hasta 19,9 METS se consideraba muy bien (MB); si el individuo alcanzaba de 14 a 15,9 METS se le otorgaba bien (B) y regular (R) cuando estaba entre 12 y 13,9 METS; la categoría de mal (M) fue para los valores menores de 11,9 METS.⁽¹³⁾

Se utilizó el protocolo convencional para pruebas de esfuerzo máximo sobre estera rodante, según los procedimientos estandarizados en Medicina Deportiva para el atletismo. Se comenzó con un primer estadio de 3 min, a una velocidad de 10 km/h para las mujeres y 11 km/h para los varones, inclinación de uno (etapa de calentamiento y adaptación). Los estadios siguientes se programaron a razón de 2 min cada escalón, con incrementos de un km/h entre ellos, hasta el agotamiento del evaluado o si alcanzaba completar los 19,1 km/h, velocidad máxima alcanzada por la estera rodante.

Para la medición del doble producto (DP) se utilizó el índice de *Katz*, que consiste en el producto de la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial sistólica (PAS):

$$DP = FC \times PAS^{(6)}$$

El índice de eficiencia miocárdica (IEM) informa sobre el estado de la integridad cardiovascular del individuo. Se calculó mediante la fórmula:

$$IEM = (MVO_2/VO_{2m\acute{a}x}) \times 10$$

El IEM se consideró normal cuando su valor fue menos de 10; en cambio, si igualaba o superaba esta cifra, demostraba un trabajo excesivo miocárdico lo que representaba una

mala respuesta cardíaca ante el esfuerzo. El MVO_2 corresponde al consumo miocárdico de oxígeno y el VO_2 máx representa al consumo máximo de oxígeno, valor que se obtuvo de modo directo durante la ergometría. El MVO_2 se determinó con la fórmula:

$$(\text{doble producto máximo} \times 0,14 \times 0,01) - (6,3)^{(1,14)}$$

Se expresaron algunas variables de la estadística descriptiva y se enunciaron mediante las medias, desviaciones estándares y porcentajes de los estadígrafos para un nivel de confianza del 95 %. El tratamiento estadístico de los resultados se hizo con el programa PSPP versión 1.0.1.

Resultados

De los 49 atletas estudiados, 22 fueron mujeres (45 %) y 27 hombres (55 %). La edad presentó una media de 22 años, con una desviación estándar de $\pm 3,9$; sus valores mínimos fueron de 17 años y los máximos de 32.

En las ergometrías realizadas, se midieron de manera directa los aspectos siguientes: la frecuencia cardíaca máxima, el VO_2 máx, la presión arterial sistólica y diastólica máximas, el doble producto y el equivalente metabólico. El consumo miocárdico de oxígeno y el índice de eficiencia miocárdica fueron calculados según lo protocolizado para este estudio. Los valores máximos y mínimos, así como la media para cada variable y la desviación estándar correspondiente, se relacionan en la tabla 1.

Tabla 1- Variables evaluadas en las ergometrías a atletas, n=49

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Media	DE
FC máx	172	211	189	9,4
VO2 máx	33,4	83,9	56,4	10,4
PAS máx	150	180	165	7,4
PAD máx	94	110	101	3,7
DP	27300	45360	31497	2928
EM	9,5	24	16,1	3,0
MVO2	38,2	63,5	44,1	4,1
IEM	5	14	8,0	2,0

Leyenda: DE: desviación estándar; FC máx: frecuencia cardíaca máxima (en latidos por minuto); VO₂ máx: consumo máximo de oxígeno (en ml/kg/min); PAS máx: presión arterial sistólica máxima durante el estudio ergométrico (en mmHg); PAD máx: presión arterial diastólica máxima durante el estudio ergométrico (en mmHg); DP: doble producto; EM: equivalente metabólico (en METS); MVO₂: consumo miocárdico de oxígeno (en ml/kg/min); IEM: índice de eficiencia miocárdica.

Según las medias para cada grupo respecto al consumo máximo de oxígeno, el consumo miocárdico y el índice de eficiencia miocárdica, existió un predominio de las evaluaciones de la capacidad funcional en los rangos de MB y E (24 atletas, para un 49 %), 14 deportistas recibieron la calificación funcional de bien (29 %), 8 de regular (16 %) y 3 fueron evaluados de mal (6 %) (tabla 2).

Tabla 2- Evaluación de la capacidad funcional de los atletas en dependencia del equivalente metabólico resultante de las ergometrías, n=49

Equivalente metabólico	Número de atletas	Media de VO ₂ máx	Media de MVO ₂	Media de IEM
E (> o igual a 20 METS)	5	57,8	43,9	7,9
MB (16 – 19,9 METS)	19	58,0	43,7	7,8
B (14 - 15,9 METS)	14	57,9	44,2	7,9
R (12 – 13,9 METS)	8	45,1	41,9	8,1
M (< o igual a 11,9 METS)	3	52,4	43,5	8,7

Leyenda: VO₂ máx: consumo máximo de oxígeno (en ml/kg/min); MVO₂: consumo miocárdico de oxígeno (en ml/kg/min); IEM: índice de eficiencia miocárdica; E: excelente; MB: muy bien; B: bien; R: regular; M: mal.

La media del consumo miocárdico de oxígeno para las mujeres fue de 45,2 ml/kg/min, mientras que para los hombres resultó de 43,7 ml/kg/min ($p=0,046$; $p<0,05$). En el 85,7 % de los casos (42 deportistas), el índice de eficiencia miocárdica estuvo por debajo de 10, alcanzó un promedio de 9,0 para el sexo femenino y para el masculino de 7,1 ($p=0,003$; $p<0,05$); 7 atletas (14,3 %) presentaron el indicador igual o por encima de 10 ($p=0,0002$; $p<0,05$): 6 féminas con valores entre 10 y 13 y un hombre con 14. En estos individuos también coincidió el consumo máximo de oxígeno con menores resultados, con una media de 41,7 ml/kg/min, diferente a la media del resto del grupo analizado que fue de 58,8 ml/kg/min, $p=0,0001$.

En cuanto al porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima, todos los atletas sobrepasaron el 85 % de este parámetro y 44 del total superaron el 90 %. Ello indica que el 89,8 % realizaron ergometrías máximas, mientras que 5 atletas (el 10,2 %) terminaron pruebas

submáximas. El rango del porcentaje al finalizar las ergometrías estuvo entre el 85,6 % y el 106,1 % del valor de la frecuencia cardíaca máxima calculada. Todas las pruebas resultaron útiles para el diagnóstico de capacidad cardiopulmonar.

Discusión

En la serie estudiada, la distribución de género y edad se corresponde con la equidad que existe en los equipos nacionales cubanos en cuanto a sexo. Los resultados deportivos predicen la longevidad del atleta para continuar en su desempeño competitivo, como lo demuestran los estudios de *Elejalde, Isidoria* y colaboradores.^(15,16)

Los valores del consumo máximo de oxígeno y de la presión arterial, tanto sistólica como diastólica máximas, al final de las ergometrías y el doble producto tuvieron un comportamiento normal, incrementado según el aumento de las cargas de esfuerzo. La capacidad funcional tuvo un predominio en los rangos de muy bien y excelente; y a pesar de que la evaluación para un grupo de atletas de alto rendimiento no resultó la esperada (regular o mal) se evidencia que el consumo máximo de oxígeno siempre presentó una media superior a los 45 ml/kg/min, aún en el grupo de más bajo valor de esta variable. Esta capacidad sobrepasa a la de la población no entrenada, incluso cuando representa el límite inferior (16 %). El resto de los atletas superaron los 52 ml/kg/min, factor que incrementa la eficiencia de las capacidades físicas para la realización de las actividades deportivas.^(17,18)

La media del consumo miocárdico de oxígeno fue mayor para las mujeres. La literatura refiere que las variaciones fisiológicas de la musculatura cardíaca y estriada se incrementan en el sexo masculino por razones hormonales;^(19,20,21) por tanto, al tener las mujeres menor proporción muscular, aumenta la frecuencia cardíaca y el consumo miocárdico de oxígeno para suplir la intensidad de esfuerzo. Esto también justifica que el índice de eficiencia miocárdica haya tenido en el estudio un promedio superior para las féminas.

El comportamiento del índice de eficiencia miocárdica indica un excelente estado cardiovascular e integridad morfofuncional en la mayoría del grupo de estudio, lo cual disminuye el riesgo de padecer injuria miocárdica durante el esfuerzo, es decir, implica bajo riesgo cardiovascular. Lo opuesto ocurre con los indicadores igual o por encima de 10 (alto riesgo cardiovascular) que además coincidieron con menores resultados del consumo

máximo de oxígeno. Esto evidencia que a mayor límite del consumo máximo de oxígeno, será mejor la eficiencia del trabajo miocárdico, y mientras menos entrenado esté el individuo, menor será el límite del volumen de oxígeno máximo y, por tanto, mayor es el trabajo del músculo cardíaco.^(2,9)

Los atletas con índices de eficiencia miocárdica mayores de 10 tenían entre 19 y 24 años, aún jóvenes en el mundo del entrenamiento. Esto puede coincidir con un consumo máximo de oxígeno reducido en comparación con otros deportistas con más años en la práctica del atletismo de alto rendimiento, en los que se elevan los volúmenes de oxígeno para un mismo esfuerzo físico en comparación con los menos entrenados.^(18,20) El índice de eficiencia miocárdica, razón entre el consumo miocárdico de oxígeno y su volumen máximo, expresa que mientras mejor sea la preparación física del individuo, mayor será el consumo máximo de oxígeno en su organismo y menor la proporción utilizada por el músculo cardíaco; por tanto, es un indicador del trabajo miocárdico y del esfuerzo excesivo, ya sea por trastornos de la motilidad o por alteraciones en el aporte de oxígeno, o ambas. Conocer su valor puede ser una herramienta útil para evaluar el estado hemodinámico cardiovascular, la salud general del individuo y el rendimiento deportivo en particular.

Respecto a los rangos de las frecuencias cardíacas máximas durante las ergometrías, se puede afirmar que todos los atletas realizaron pruebas de esfuerzo útiles. El hecho de que 5 deportistas no llegaran a la ergometría máxima se explica porque hay atletas con una vida deportiva con más de 10 años. En ellos los cambios fisiológicos cardiopulmonares propician la bradicardia por el efecto crónico del corazón entrenado y, a pesar de llegar a esfuerzos de gran magnitud, la variación de la frecuencia cardíaca es mucho menor de la esperada en la población no atlética o menos entrenada que tiene capacidad cardiopulmonar más elevada que la de los deportistas evaluados.^(22,23) Estos resultados permiten reordenar el plan de entrenamiento de cada atleta. Debe hacerse mayor énfasis en el desarrollo de las capacidades aeróbicas para reducir el índice de eficiencia miocárdica, mediante el incremento y optimización del consumo máximo de oxígeno. Disminuir el oxígeno que llega al miocardio por la circulación coronaria, reduce las posibilidades de afecciones isquémicas cardiovasculares en edades futuras.^(14,17,19,20)

El índice de eficiencia miocárdica en los atletas cubanos de alto rendimiento estuvo en valores normales en la mayoría de los casos estudiados. El riesgo cardiovascular resultó alto para una pequeña proporción de los atletas evaluados cuyo tiempo de entrenamiento era menor por resultar más jóvenes; también su capacidad cardiopulmonar, valorada desde el consumo máximo de oxígeno, fue inferior.

Referencias bibliográficas

1. Rodríguez I, López S. Índice de eficiencia miocárdica en jugadores de fútbol asociación en pretemporada 2015 a 2600 metros sobre el nivel del mar Toluca, Estado de México[Tesis]. México D.F: Universidad Autónoma del Estado de México; 2017. [acceso 9/06/2022]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/996000>
2. Braunwald E. Control of myocardial oxygen consumption: physiologic and clinical considerations. *Amer J Cardiol.* 1971 [acceso 9/06/2022];27:416-32. Disponible en: <http://garfield.library.upenn.edu/classics1984/A1984RU75000001.pdf>
3. Galván C, del Valle M, Bonafonte L, Gutiérrez F, Jiménez J, Luengo E, *et al.* Guía de realización de pruebas de esfuerzo en medicina del deporte. *Soc Esp Med Deport.* 2020 [acceso 9/06/2022]. Disponible en: http://www.femede.es/documentos/Guia_pruebas_esfuerzo_MD-COVID.pdf
4. Löllgen H, Leyk D. Exercise testing in Sports Medicine. *Dtsch Arztebl Int.* 2018;115(24):409-16. DOI: <https://doi.org/10.3238%2Faztebl.2018.0409>
5. Brotons D, Calabuig J, Calderón C, Galván C, Del Valle M, Elías V, *et al.* Pruebas de esfuerzo en medicina del deporte. *Archiv Med Dep.* 2016 [acceso 9/06/2022];33(1):5-83. Disponible en: http://www.femede.es/documentos/Consenso_PE.pdf
6. Katz LN, Feinberg H. The relation of cardiac effort to myocardial oxygen consumption and coronary flow. *Circ Res.* 1958;6(5):656-69. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.res.6.5.656>
7. Berlanga LA, Chicharro JL, coordinadores. Actualizaciones en Fisiología del Ejercicio 2018. Madrid, España: Exercise Physiology & Training Ed; 2019 [acceso 9/06/2022]. Disponible en: <https://portalcientifico.universidadeuropea.com/documentos/6207b26099a2203d59cd28dd8>

8. Rehman S, Khan A, Rehman A. Physiology, Coronary Circulation. StatPearls Treasure Island (FL). 2022 [acceso 9/06/2022]; PMID: 29494020. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29494020/>
9. Boyette LC, Manna B. Physiology, Myocardial Oxygen Demand. StatPearls Treasure Island (FL). 2022 [acceso 9/06/2022]; PMID: 29763072. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/n/statpearls/article-25464>
10. Pereira JE, Boada L, Niño IM, Cañizares YA, Quintero JC. Frecuencia cardiaca máxima mediante 220 menos edad versus prueba de esfuerzo con protocolo de Bruce. Mov Cient. 2017 [acceso 9/06/2022];11(1):15-22. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6574706.pdf>
11. Duany TD, Colás M. Ergometría en el entrenamiento de alto rendimiento cubano. Rev Cub Med. 2021 [acceso 9/06/2022];60(3):e1683. Disponible en: <http://revmedicina.sld.cu/index.php/med/article/view/1683/2108>
12. Sobejano I, Moreno C, Viñes JJ, Grijalba AM, Amézqueta C, Serrano M. Estudio poblacional de actividad física en tiempo libre. Gac Sanit. 2009 [acceso 9/06/2022];23(2):127-32. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/gv23n2/original7.pdf>
13. González ME, Díaz Y. Manual de Procedimientos del laboratorio de pruebas de esfuerzo. La Habana, Cuba: Instituto de Medicina Deportiva; 2016.
14. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, Caselli S, *et al.* 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease: the task force on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease of the European Society of Cardiology. Eur Heart J. 2021;42(1):17-96. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605>
15. Elejalde L. La selección de talentos en el atletismo cubano, una experiencia en el área de velocidad. Ustasalud. 2019 [acceso 9/06/2022];17 Supl 1:35. Disponible en: http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/USTASALUD_ODONTOLOGIA/article/view/2250
16. Isidoria C, Lara D, Sánchez A, Vaca M. Estudio técnico y biomédico para detectar talentos en atletismo. Rev Cub Invest Biom. 2019 [acceso 9/06/2022];37(1):1-12. Disponible en: <http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/118>

17. Mann L, Braunwald. Tratado de cardiología. Madrid, España: Elsevier; 2020 [acceso 9/06/2022]. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/#!/browse/book/3-s2.0-C20140042347>
18. Albesa Ll. Evaluación del componente lento del consumo de oxígeno, la eficiencia ventilatoria y mecánica en los ejercicios con resistencias [Tesis]. Barcelona, España: Universidad de Barcelona; 2019 [acceso 9/06/2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2445/147749>
19. Cuesta A, Rodríguez G, Giovanetti S. Deporte: modificaciones fisiológicas y evaluación para la prevención de la muerte súbita (Parte II). Corazón del deportista. Rev Urug Cardiol. 2020;35(3):337-45. DOI: <https://doi.org/10.29277/cardio.35.3.12>
20. Segovia JC, López FJ, Ramos JJ, Legido JC. Adaptaciones del corazón al esfuerzo. Valoración funcional del deportista y enfermo cardiovascular. Corazón y deporte. Madrid, España: Sanitas.es; 2018 [acceso 9/06/2022]. p. 57-80. Disponible en: https://www.sanitas.es/media/cen/documento/doc_corazonydeporte/sanitas_hospitales_corazon_deporte.pdf
21. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, Kellmann M, Varley MC, *et al.* Monitoring athlete training loads: consensus statement. Int J Sports Physiol Perform. 2017;12 Supl 2:S2161-S2170. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0208>
22. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Chronic Adaptations to Eccentric Training: a systematic review. Sports Med. 2017;47(5):917-41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0628-4>
23. Shiraishi Y, Katsumata Y, Sadahiro T, Azuma K, Akita K, Isobe S, *et al.* Real-time analysis of the heart rate variability during incremental exercise for the detection of the ventilatory threshold. J Am Heart Assoc. 2018;7(1):e006612. DOI: <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.006612>

Conflictos de intereses

La autora declara que no existen conflictos de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, análisis formal, curación de datos supervisión, visualización, redacción-borrador original y redacción-revisión y edición: Dra. Teresita Danayse Duany Díaz.