

Estudio del umbral anaerobio en nadadores que entrenan en Bogotá a 2600 metros de altitud

Study of the anaerobic threshold of swimmers training in Bogotá at an altitude of 2 600 meters

Edwin Raúl Guerra Santos^{1*} <http://orcid.org/0000-0002-0865-176X>

¹Centro de Formación en Actividad Física y Cultura. Colombia

*Correo electrónico: edraguerra@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: Las altitudes intermedias entre 1500-3000 m sobre el nivel del mar generan cambios en el metabolismo basal, incrementados con el entrenamiento físico en deportes donde predominan esfuerzos aerobios superiores a tres minutos.

Objetivo: Determinar el umbral anaerobio para nadadores que entrenan en Bogotá a 2600 m de altitud.

Métodos: Fueron evaluados treinta nadadores: 12 mujeres y 18 hombres de las categorías juvenil y mayores, entre 16-24 años, modalidades bialeas, natación de carreras y deportistas que se preparan para campeonatos nacionales, se les aplicaron las siguientes mediciones: prueba de 30 min de natación continua, medición de la frecuencia cardíaca al inicio y final de la prueba, medición de ácido láctico al finalizar, análisis corporal y máximo consumo de oxígeno. Los registros de las mediciones fueron analizados estadísticamente.

Resultados: Se encontraron al final de la prueba de los 30 min de natación continua, concentraciones de ácido láctico para los hombres de hasta 14 mmol/L, 9 para las mujeres y frecuencias cardíacas máximas y submáximas. En cuanto a los porcentajes de grasa, el promedio de los mejores para las mujeres fue de 20 y para los hombres 10 y porcentajes de masa muscular 33 para las mujeres y 41 para los hombres.

Conclusiones: Los registros de ácido láctico en altitudes intermedias son muy superiores a las propuestas en la bibliografía existente para determinar el umbral anaeróbico, al igual

que la frecuencia cardíaca, los porcentajes de grasa corporal promedio para hombres es 10 y para mujeres 20. La prueba de 30 min puede ser adecuada para determinar la velocidad de umbral anaerobio en altitudes intermedias, el volumen de entrenamiento de dicha capacidad puede ser equivalente al obtenido en ella y puede ser fraccionado utilizando distancias de 200 m, con pausas breves entre 10 y 30 s.

Palabras clave: umbral anaerobio; altitud intermedia; medición.

ABSTRACT

Introduction: Intermediate altitudes between 1 500 and 3 000 above sea level bring about changes in basal metabolism, which are increased by physical training in sports with a predominance of aerobic efforts extending for more than three minutes.

Objective: Determine the anaerobic threshold of swimmers training in Bogotá at an altitude of 2 600 meters.

Methods: Thirty swimmers were evaluated: 12 women and 18 men from the youth and senior categories, age 16-24 years, bifen modes, racing swimming, and sportspeople training for national championships. The following measurements were taken: 30-min continuous swimming test, heart rate at the start and end of the test, lactic acid at the end, body analysis and maximal oxygen consumption. Measurement records were analyzed statistically.

Results: At the end of the 30-min continuous swimming test lactic acid concentrations were up to 14 mmol/l for men and 9 mmol/l for women, and heart rates maximal and submaximal. The best mean body fat percentages were 20 for women and 10 for men, whereas muscle mass percentages were 33 for women and 41 for men.

Conclusions: Lactic acid and heart rate values at intermediate altitudes were found to be much higher than those proposed by the existing bibliography to determine the anaerobic threshold. Mean body fat percentages were 10 for men and 20 for women. The 30-min test may be appropriate to determine the anaerobic threshold speed at intermediate altitudes. The training volume for that capacity may be equivalent to the one obtained from it, and may be split up using 200-meter distances with brief pauses of 10 to 30 seconds.

Key words: anaerobic threshold, intermediate altitude, measurement

Recibido: 03/09/2019

Aceptado: 29/10/2019

Introducción

Algunos entrenadores de las modalidades acuáticas consideran necesario buscar un método de cuantificación del umbral anaerobio diferente a los que se vienen usando, que fueron diseñados para altitudes inferiores a 1000 m, debido al pronto cansancio de los nadadores. Los métodos de cuantificación de la carga más utilizados por los entrenadores son los obtenidos según porcentajes de ritmos de competencia y algunas mediciones para determinar el umbral de ácido láctico.

Teniendo en cuenta la situación problemática expuesta, es conveniente buscar otro método para la cuantificación del ritmo de umbral anaerobio en la altitud de Bogotá, este ha sido tema de estudio durante muchos años y para su determinación se emplean métodos según la carga externa e interna.

Los estudios de los efectos ocasionados por las altitudes intermedias tuvieron gran acogida con los Juegos Olímpicos celebrados en México en el año 1968, con una altitud de 2250 m s.n.m. Los resultados de pruebas atléticas superiores a los 3 min desmejoraron entre un 8-11 % al compararlos con los obtenidos en alturas inferiores a 1000 m, mientras que las pruebas de potencia, como los saltos, superaron los registros mundiales.

Con el descenso de la presión barométrica disminuye el número de moléculas de oxígeno inspiradas, lo que desfavorece la captación y el tránsito de este gas, la molécula de hemoglobina sirve de reservorio y transporte de O₂ a los tejidos y la oxigenación de la hemoglobina depende de la presión del oxígeno en la solución.⁽¹⁾

Las alturas intermedias afectan el VO₂ máx, a 1500 m se reduce en un 5 % y así progresivamente, esto significa que con la reducción del máximo consumo de oxígeno disminuye la capacidad de trabajo. La práctica de ejercicios físicos submáximos en altitudes intermedias incrementa el gasto cardíaco reflejado en el aumento de la frecuencia cardíaca, hecho que dificulta la realización de actividades aeróbicas de gran intensidad.⁽²⁾ Al respecto, un estudio realizado con un grupo de esquiadores, evidenció el incremento de la fatiga donde el periodo de restablecimiento parecía crítico y difícil de alcanzar.⁽³⁾

La exposición del organismo humano a altitudes intermedias estimula la producción de hormonas como la eritropoyetina y hepcina, entre otras. La ferritina es una proteína que almacena el hierro en las células, mientras que este último, en el interior del organismo, se distribuye en dos compartimentos: el funcional y el de depósito. Aproximadamente el 65 % del hierro total se encuentra en el compartimento funcional, diferentes estudios a

2600 m. s.n.m. han reportado valores de ferritina menores a los encontrados a nivel del mar.

Las pérdidas de hierro están asociadas con la práctica de los deportes de resistencia de larga duración y el stress oxidativo producido por el ejercicio. Esta hormona se ha convertido en el foco de investigaciones recientes sobre el metabolismo del hierro alterado en atletas.⁽⁴⁾

Otro aspecto que se debe considerar es el stress oxidativo ocasionado por el entrenamiento aeróbico, el cual se puede incrementar en sus procesos metabólicos debido a la altitud.⁽⁵⁾

Las disminuciones del O₂ inspirado incrementan el metabolismo basal y, por lo tanto, el consumo energético, esto repercute sobre la composición corporal. En este sentido, es importante definir el efecto de la hipoxia tanto en la composición corporal como en el cambio de peso.⁽⁶⁾ En Ecuador, se realizó un estudio con atletas paralímpicos adaptados a entrenar a 2400 m s.n.m. Se sometieron a entrenamientos progresivos en alturas superiores durante cinco días, hasta llegar a 2900 m, los resultados mostraron cambios significativos en la masa corporal, frecuencia cardíaca y concentraciones de ácido láctico después de los entrenamientos, pero mostraron una rápida adaptación.⁽⁷⁾

A continuación se presenta una relación de algunas de las pruebas más utilizadas en natación para determinar el umbral anaerobio. En la década de los setenta, *Mader* realizó un estudio para determinar el máximo consumo de oxígeno, para ello se consideró que la concentración de ácido láctico en la cual los deportistas lograban el umbral anaeróbico era de 4 mmol/L. Sin embargo, en estudios posteriores, se encontraron rangos entre 3-5,5 mmol/L, que crea la necesidad de determinar los ritmos de umbral de forma individual a través de este método. En la década de los ochenta, *Madsen y Wilkie* crean la prueba de los 30 min para evaluar la resistencia aeróbica, con la que se demuestra la correlación con las pruebas de lactato. Finalmente, David Pyme, fisiólogo australiano, en el año 2000 crea la prueba de 7*200.⁽⁸⁾

Sin embargo, los métodos de cuantificación de la carga en deportes de resistencia siguen siendo insuficientes porque necesitas algo más que las distancias, la frecuencia cardíaca o las concentraciones de ácido láctico, puesto que la mejor forma para determinar la carga sería considerar una combinación de componentes internos y externos.⁽⁹⁾

En una revisión bibliográfica, cuyo objetivo fue conocer los métodos para la cuantificación de la carga, se considera adecuado que la cuantificación del entrenamiento

no tome variables únicas y estrictamente objetivas,⁽¹⁰⁾ más aún cuando de por medio está la altitud según el concepto del autor del estudio.

En Pichincha, Ecuador, región que se encuentra aproximadamente a 2700 m s.n.m, se realizó un estudio de tesis para determinar la zona correspondiente al umbral anaerobio de un grupo de nadadores, en el cual el autor determina el ritmo de umbral teniendo en cuenta las variables: velocidad de nado, nivel de ácido láctico y frecuencia cardíaca.⁽¹¹⁾

De este estudio se pudo concluir que las altitudes intermedias generan cambios metabólicos que inciden en la cuantificación de la carga, los ritmos encontrados para el umbral anaerobio los obtiene a frecuencias cardíacas más bajas de las habituales sugeridas por los métodos tradicionales.

De los referentes consultados se puede concluir que la altitud intermedia genera cambios metabólicos que repercuten en el consumo energético entre los cuales se encuentran unos que inciden en la composición corporal.

De la problemática propuesta surge la siguiente pregunta científica: ¿Cómo contribuir a mejorar los métodos de cuantificación de la carga para nadadores de Bogotá situada a 2600 m s.n.m. Para dar respuesta a la pregunta científica se determina un objetivo general y unos objetivos específicos.

Objetivo general:

Determinar el umbral anaerobio para nadadores juveniles que entrenan en Bogotá a 2600 m., de altitud teniendo en cuenta variables de composición corporal, frecuencia cardíaca y velocidades de las pruebas con el fin de optimizar la carga.

Objetivos específicos:

- Identificar los fundamentos teóricos que sustentan los cambios metabólicos generados por el entrenamiento a 2600 m de altura, en nadadores que entrenan en Bogotá.
- Realizar mediciones de la carga interna y externa del entrenamiento de nadadores de Bogotá según las variables seleccionadas en la revisión bibliográfica.
- Valorar el umbral anaerobio de nadadores que entrenan en Bogotá, por medio de análisis estadístico y concepto del investigador.

Métodos

La investigación se realizó en Bogotá, capital de Colombia, ubicada a 2600 m sobre el nivel del mar (m s.n.m.), altitud considerada intermedia y lugar donde entrenan los nadadores de bioletas y natación de carreras, seleccionados por el distrito para representar a la capital en eventos nacionales.

Se realizaron algunas tareas como:

- Realizar una encuesta con los entrenadores de actividades sub acuáticas y natación de carreras de Bogotá con el fin de conocer los métodos de cuantificación de la carga que utilizan.
- Revisión de los fundamentos teóricos que sustentan los cambios metabólicos generados por el entrenamiento en altitudes intermedias.
- Seleccionar la variable independiente y dependiente que se tendrán en cuenta en la investigación.
- Realizar las mediciones y registros según pruebas seleccionadas.
- Evaluación de la información.

Para ellos se utilizaron varios métodos de investigación: la encuesta, analítico-sintético, inductivo-deductivo, análisis de documentos, medición, análisis estadístico y criterio del investigador.

La muestra la conformaron 30 nadadores de la modalidad de bioletas y natación de carreras de Bogotá.

La investigación inició con una encuesta dirigida a entrenadores de actividades subacuáticas y natación de carreras cuyo objetivo fue diagnosticar si los métodos utilizados para la determinación del umbral anaerobio de los nadadores de Bogotá que entrenan a 2600 m s.n.m. son adecuados. De esto se concluyó que el método más utilizado es el porcentaje según el ritmo de competencia y los entrenadores afirmaron que los deportistas no soportan cargas aerobias de intensidad alta por mucho tiempo.

El segundo paso fue la revisión bibliográfica utilizando fuentes de información primaria y secundaria, con énfasis en los artículos científicos de bases de datos. Para la búsqueda de la información se escogieron dos tipos de consulta: la primera cuyo énfasis fue conocer variables metabólicas y morfológicas que pueden ser afectadas por altitudes intermedias y la segunda el estudio de los diferentes métodos de cuantificación de la carga para determinar el umbral anaerobio.

La revisión bibliográfica permitió identificar las variables que se tuvieron en cuenta en la investigación y la selección de las mediciones. Los resultados obtenidos de las mediciones fueron analizados estadísticamente y con criterio del investigador y de esta forma se escogió el método para cuantificación del umbral anaerobio en altitudes intermedias.

Las mediciones seleccionadas fueron la prueba de los 30 m de natación continua realizada en una piscina olímpica ubicada en el complejo acuático de Bogotá. Al finalizar, se registró la frecuencia cardíaca y se hizo toma del ácido láctico con un medidor lactato scout. En el laboratorio se realizaron mediciones de análisis corporal con un equipo marca seca mBCA 514, analizador de impedancia bioeléctrica, que permitió adquirir información de la masa grasa, masa magra y masa muscular, variables que se tuvieron en cuenta en el estudio. También se hizo prueba del consumo máximo de oxígeno en cicloergómetro Cyclus 2, en el cual se programó una prueba incremental que inició con 100 W que se fueron aumentando en 50 W cada minuto, manteniendo cadencia de 60 rpm, mediante el medidor de gases cosmec se pudo conocer el máximo consumo de oxígeno de los atletas. La prueba finaliza cuando el deportista no podía mantener las 60 rpm, registrando el máximo consumo de oxígeno obtenido.

Resultados

El promedio de la distancia alcanzada fue de 2269,57 m, el pulso promedio se encuentra dentro del rango de umbral propuesto por algunos autores, al igual que el promedio de ácido láctico tomado al finalizar la prueba, pero tres deportistas estuvieron por encima con 5,9 - 8,0 y 9,1 mmol/L. El promedio de VO_2 máx, no fue muy alto: 42,94, solo un deportista logró 53,3 mmol/L., aunque este nivel se puede mejorar teniendo en cuenta que el promedio de porcentaje de grasa fue un poco alto: 20,72 (Tabla 1).

Tabla 1 - Resultados obtenidos de las mediciones realizadas a 12 nadadoras pertenecientes a ligas de actividades subacuáticas y natación de Cundinamarca y Bogotá

Datos descriptivos	Género	Distancia en metros lograda en 30 min de natación continua	Pulso final pp/min	Lactato mmol/L	VO2 máx	Masa grasa %	Masa músculo esquelético %
Media	Femenino	2269,57	157,11	5,09	42,94	20,72	33,43
Desviación	Femenino	181,64	17,79	1,63	5,99	8,09	6,31
Mediana	Femenino	2297,5	156	5,25	39,8	27,65	31,63
Correlación	Femenino	-	-0,2037	0,2037	0,6896	-0,1654	0,2907

Cómo es lógico, según el coeficiente de correlación de Pearson, hay buena correlación con el VO₂ máx, y consideraría media baja con la masa muscular, el pulso y la concentración de ácido láctico (Tabla 2).

Tabla 2 -Resultados obtenidos de las mediciones realizadas a 18 nadadores pertenecientes a ligas de actividades subacuáticas y natación de Cundinamarca y Bogotá

Datos Descriptivos	Género	Distancia en metros lograda en 30 min de natación continua	Pulso final pp/min	Lactato mmol/L	VO2 máx	Masa grasa %	Masa músculo esquelético %
Media	Masculino	2282,3243	164,8941	6,1902	54,8055	10,4123	41,5480
Des vest	Masculino	234,6454	17,2222	2,6138	8,1516	4,8300	2,4815
Mediana	Masculino	2287,5	162	6,1	56,7	12,53	41,07
Correlación	Masculino	-	-0,015737	0,5014	0,4441	0,3912	0,2520

En cuanto a los hombres, el promedio de distancia alcanzada no fue muy superior al de las mujeres, sin embargo, fue una muestra mayor y cinco nadadores lograron distancias entre 2500-2700 m, el promedio de la frecuencia cardíaca fue de 164,89, aunque siete nadadores estuvieron por encima de 180 pulsaciones por minuto, en cuanto a la concentración de ácido láctico después de la prueba de los 30 min, doce nadadores estuvieron en el rango comprendido entre 6-14,8 mmol/L. Según el coeficiente de correlación de Pearson, existe correlación media con la concentración de ácido láctico, VO₂ máx, y masa grasa.

Discusión

Para determinar el ritmo del umbral anaerobio en altitudes intermedias como la de Bogotá, el método de cuantificación de la carga más apropiado es el propuesto por Madsen y Wilkie de los 30 min de natación continua, por considerar que la distancia obtenida en 30 min corresponde al tiempo que soporta el esfuerzo el nadador, y de esta forma, el entrenador puede identificar el volumen que logra hacer cada nadador y la intensidad.

En cuanto a la frecuencia cardíaca, se evidencia lo expuesto con los referentes consultados quienes expresan que la práctica de ejercicios físicos submáximos en altitudes intermedias incrementa el gasto cardíaco, que se refleja en el aumento de la frecuencia cardíaca, pero esta frecuencia es muy variable para todos puesto que en esta altitud algunos pueden soportar frecuencias altas.

Según el análisis de los resultados se observó que las mujeres logran los ritmos de umbral anaerobio a frecuencias más bajas que los hombres, al igual que las concentraciones de ácido láctico alcanzadas al final de la prueba.

Se sugiere que el entrenamiento del umbral anaerobio se haga fraccionando el total de la distancia obtenida por cada nadador en la prueba de los 30 min en distancias de 200 m y, por medio de una regla de tres, se calcula el tiempo promedio para cada nadador. La pausa recomendada puede variar entre 10 y 30 s, pero depende de la recuperación del nadador, sin que la frecuencia llegue a estado de reposo, lo ideal es iniciar cada repetición con 120 pulsaciones por minuto.

En cuanto a las mediciones realizadas con lactato, son costosas y según referentes, se pueden alterar en dependencia de la persona en 1,5 mmol/L por encima o por debajo de 4 mmol/L, estas mediciones en altitudes como la de Bogotá son muy variables y no permiten determinar el volumen de entrenamiento equivalente al ritmo de umbral anaerobio, puesto que el umbral del lactato se obtiene mediante un prueba de 7*200 que equivale a un volumen total de 1200 m, y el umbral se debe lograr a un esfuerzo equivalente a la distancia obtenida en 30 min, que está por encima de 2000 m incluso alguno llegó a 2600 m.

Las fuentes bibliográficas consultadas referentes al metabolismo basal en altitudes superiores a los 1500 m s.n.m., evidencian el incremento del consumo energético los cuales repercuten en cambios en la composición corporal y estimulación para la producción de la eritropoyetina y feeticina entre otros.

Las mujeres poseen mayor porcentaje de grasa que los hombres, las que obtuvieron las distancias mayores en la prueba de 30 min poseen un promedio de 20 % de grasa corporal y los hombres el 10 %, es posible que los porcentajes de grasa en altitudes intermedias como la de Bogotá también varíen al igual que los porcentajes de masa muscular. En cuanto al porcentaje de la masa muscular el promedio es mayor para los hombres 41,54 % y menor para las mujeres 33,43 %.

Existe buena correlación entre la distancia lograda y los niveles de máximo consumo de oxígeno, aunque los registros encontrados no fueron muy altos, es importante tener en cuenta algunos argumentos encontrados en la revisión bibliográfica, en los cuales se afirma que las alturas intermedias afectan el VO_2 máx, a 1500 m se reduce en un 5 % y así progresivamente.

Es necesario que se continúe el estudio de las formas de cuantificación de la carga para deportes de resistencia en altitudes intermedias, teniendo en cuenta la variable peso. Para esto es necesario registrar los valores antes y después del esfuerzo de umbral anaerobio.

Es recomendable estudiar si hay alguna relación entre los componentes corporales, glóbulos rojos y hemoglobina. Así como revisar los niveles de ferritina antes y después del entrenamiento del umbral anaerobio como también determinar en altitudes intermedias que tiempo necesita el organismo humano para que las reservas de hierro estén dentro de los niveles normales y estar en condiciones de volver a realizar otro entrenamiento de umbral anaerobio.

Referencias bibliográficas

1. Rojas JA. Aspectos fisiológicos en la adaptación a la hipoxia altitudinal. Revista Universidad Nacional. 2002 [acceso: 02/04/2019]; 7(2):5-16. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26067>
2. Bernal García M, Cruz Rubio S. Interacción fisiológica de la hormona eritropoyetina, relacionada con el ejercicio físico en altitud moderada y alta. Revista Investig. 2014 [acceso: 02/04/2019]; 73-96. Disponible en: <http://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/rs/article/view/106/15>
3. Schmitt L, Regnard J, Coulmy N, Millet GP. Influence of Training Load and Altitude on Heart Rate Variability Fatigue Patterns in Elite Nordic Skiers. Int J Sports Med. 2018 Oct [acceso: 02/04/2019]; 39(10):773-81. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Influence+of+Training+Load+and+Altitude+on+Heart+Rate+Variability+Fatigue+Patterns+in+Elite+Nordic+Skiers>

4. Trompetero González AC, Cristancho Mejía E, Benavides Pinzón WF, Mancera Soto EM, Ramos Caballero DM. Efectos de la exposición a la altura sobre los indicadores de la eritropoyesis y el metabolismo del hierro. Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad del Rosario. 2015 Oct [acceso: 03/04/2019]; 63(4): 717-25. Disponible en: <https://pure.urosario.edu.co/es/publications/efectos-de-laexposici%C3%B3n-a-la-altura-sobre-los-indicadores-de-la->

5. Rodríguez Perón JM, Menéndez López JR, Trujillo López Y. Radicales libres en la biomedicina y estrés oxidativo. Rev. Cub Med Mil. 2001 Mar [acceso: 15/04/2019]; 30(1): 15-20. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572001000100007

6. Dunnwaild T, Gatterer H, Faulhaber M, Arvandi M, Schobersberger W. Body Composition and Body Weight Changes at Different Altitude Levels: A Systematic Review and Meta-Analysis. Front physiol. 2019 Abril [acceso: 26/04/2019]; 16(10): 430. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Body+Composition+and+Body+Weight+Changes+at+Different+Altitude+Levels%3A+A+Systematic+Review+and+Meta-Analysis>

7. Calero Morales S, Caizaluisa Alvarado R, Morales Pillajo C, Vera Vilatuña A, Moposita Caillamara F, Fernandez Concepción R.R. Efectos de la hipoxia en atletas paralímpicos con entrenamiento escalonado en altura. Rev Cubana Invest Bioméd. 2017 Ene [acceso: 04/04/2019]; 36(1). Disponible en:

<http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0864-03002017000100009>

8. Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollmann W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. Int J Sports Med. 1985 Apr [acceso: 08/04/2019]; 6(2):74-7. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4008143>

9. Amatori S. Carga de entrenamiento: estudio y comparación entre los principales métodos de cuantificación de la carga utilizados- una nueva propuesta para el triatlón. Urbino: Università degli studi di Urbino Italia; 2015. Spanish.

10. Muñoz Pérez I. Métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento en deportes de resistencia cíclica. Revista Búsqueda. 2016 [acceso: 05/04/2019]; 3(16): 53-63. Disponible en: <https://revistas.cecar.edu.co/b%C3%BAsqueda/article/download>

11. Palacios Portilla A.S. Determinación del umbral anaeróbico en nadadores/as principiantes y avanzados de la asociación de natación de Pichincha en el Distrito Metropolitano de Quito, con el fin de establecer zonas de entrenamiento durante el periodo de julio a octubre del 2015. Pichincha: Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2015. Spanish.
12. Auersperger I, Škof B, Leskošek B, Knap B, Jerin A, Lainscak M. Exercise-induced changes in iron status and hepcidin response in female runners. PLoS One. 2013 Mar [acceso: 05/04/2019]; 8(3): e58090. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23472137>
13. Calderón FJ. Fisiología Aplicada al Deporte 2ª edición [Physiology Applied to Sports 2nd edition]. Madrid. Editorial TEBAR; 2007.
14. Clavez Pérez M, López Rosabal F, Castro Gutiérrez Y, Garrote Santana H, Agramonte Llanes O, Simón Pita A.M, *et al.* Biometría hemática en el control médico del entrenamiento de deportistas cubanos de alto rendimiento. Rev Cubana Hematol Inmunol Hemote. 2015 Ene [acceso: 06/04/2019]; 31(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892015000100005
15. Diebel SR, Newhouse I, Thompson DS, Johnson VBK. Changes in Running Economy, Respiratory Exchange Ratio and VO₂max in Runners following a 10-day Altitude Training Camp. Int J Exerc Sci .2017 jul [acceso: 06/04/2019]; 10(4): 629-39. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Changes+in+Running+Economy%2C+Respiratory+Exchange+Ratio+and+VO2max+in+Runners+following+a+10-day+Altitude+Training+Camp>
16. Domínguez R; Garnacho Castaño MV, Maté Muñoz JL. Efecto de la hepcidina en el metabolismo del hierro en deportistas. Nutrición Hospitalaria. 2014 Dic [acceso: 06/04/2019]; 30(6): 1218-31. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112014001300004
17. Peeling P. Exercise as a mediator of hepcidin activity in athletes. Eur J Appl Physiol. 2010 Nov [acceso: 06/04/2019]; 110(5): 877-83. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Exercise+as+a+mediator+of+hepcidin+activity+in+athletes>
18. Foteza De La Rosa A. Entrenamiento deportivo, preparación para el rendimiento. Armenia: Editorial Kinesis. 2009. Spanish.

19. González Haro C, Galilea Ballarin PA, Drobnic Martínez F, Padullés I, Riu JM. Validación de un prueba de natación, evaluando la velocidad aeróbica máxima (VAM) para calcular los ritmos de entrenamiento para triatletas y nadadores. *Apunts. Educación física y deporte*. 2005 [acceso: 07/04/2019]; 1(79). Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFD/article/view/300989>
20. Jeffries O, Patterson SD, Waldron M. Hypoxia on exercise at a fixed level of perceived exertion. *Eur J Appl Physiol*. 2019 May [acceso: 11/04/2019]; 119(5): 1213-24. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Hypoxia+on+exercise+ata+fixed+level+of+perceived+exertion>
21. La Monica MB, Fukuda DH, Starling TM, Wang R, Hoffman JR, Stout JR. Effects of normobaric hypoxia on upper body critical power and anaerobic working capacity. *Respir Physiol Neurobiol*. 2018 Feb [acceso: 08/04/2019]; 249:1-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29247712>
22. Pancorbo AE. *Medicina y ciencias del deporte y la actividad física*. Madrid. Editorial Ergon; 2008. Spanish.
23. Quintero Burgos RI, Manrique Abril F, Herrera Amaya GM. Lactato sanguíneo a partir de biomarcadores salivales. Un estudio con indicadores fisiológicos en ciclistas de la ciudad de Tunja (Colombia) durante prueba de esfuerzo. *Archivos de medicina de la Universidad de Manizales*. 2017 Agos [acceso: 08/04/2019]; 17(2). Disponible en: <http://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/archivosmedicina/article/view/2408>
24. Ramos DJ, Rubio JÁ, Jiménez JF. Effects in body composition and bone mineral density of simulate altitude program in triathletes. *Nutr Hosp*. 2015 Sep [acceso: 08/04/2019]; 32(3): 1252-60. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281401774_Effects_in_body_composition_and_bone_mineral_density_of_simulate_altitude_program_in_triathletes
25. Sharma AP, Saunders PU, Garvican LA, Clark B, Gore CJ, Thompson KG, *et al*. Normobaric Hypoxia Reduces VO₂ at Different Intensities in Highly Trained Runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 Jan [acceso: 08/04/2019]; 51(1): 174-82. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30095742>
26. Sim M, Garvican L, Cox G, Govus A, Mckay A, Stellingwerff T, *et al*. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *Eur J Appl Physiol*. 2019 Jul [acceso: 08/2019]; 119(7):1463-78, Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Iron+considerations+for+the+athlete%3A+a+narrative+review>

27. Schmitt L, Regnard J, Coulmy N, Millet GP. Influence of Training Load and Altitude on Heart Rate Variability Fatigue Patterns in Elite Nordic Skiers. *Int J Sports Med* . 2018 Oct [acceso: 09/04/2019]; 39(10): 773-81. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Influence+of+Training+Load+and+Altitude+on+Heart+Rate+Variability+Fatigue+Patterns+in+Elite+Nordic+Skiers>
28. Gutiérrez Cruz M, Guillen Pereira L, Perlaza FA, Guerra Santiesteban JR, Capote Lavandero G, De la Rosa Y. El entrenamiento de la resistencia y sus efectos en la competición en la altura en el fútbol ecuatoriano. *Retos*. 2018 [acceso: 09/04/2019]; 33:221-7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6367758>
29. Campos Y, Guimarães M, De Souza H, Silva, G, Domingos P, Resende N, *et al.* Relación entre el Umbral Anaeróbico Identificado a través del Lactato Sanguíneo y Los Ejercicios Discontinuos y Dinámicos Resistidos en los Corredores de Larga Distancia. *Journal Publice*. 2017 [acceso: 10/04/2019]. Disponible en: <https://g-se.com/relacion-entre-el-umbral-anaerobico-identificado-a-traves-del-lactato-sanguineo-y-los-ejercicios-discontinuos-y-dinamicos-resistidos-en-los-corredores-de-larga-distancia-2248-sa-Y58bdd021b7665>

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses.