

¿Cómo interpretar los resultados del test estándar de lactato que se presentan en los atletas durante el ciclo de entrenamiento?

Antonio Luis Alba Berdeal

Laboratorio de Fisiología del Deporte, Instituto Distrital de Recreación y Deportes (IDRD), Bogotá, D.C. Colombia.

Recibido: 03.03.2014

Aceptado: 04.06.2014

Resumen

El test estándar de lactato es una de las pruebas utilizadas en la actualidad para el control fisiológico y bioquímico de los atletas de alto rendimiento. En el mismo se determinan la velocidad de desplazamiento correspondiente a una concentración de 4 mmol de lactato por litro de sangre (V_4), como indicador del umbral láctico y la velocidad o ritmo máximo de producción de lactato (VL_{Max}), como indicador de la capacidad máxima de la glicolisis.

Los objetivos del presente artículo son 1) describir la metodología de dicho test y 2) comentar las variaciones que tienden a producirse en estas variables a lo largo del ciclo de entrenamiento deportivo, las cuales son:

- La V_4 mejora y el valor máximo de lactato después del esfuerzo anaeróbico se mantiene sin cambio.
- La V_4 mejora y el valor máximo de lactato después del esfuerzo anaeróbico disminuye.
- La V_4 se mantiene sin cambio o se desplaza ligeramente hacia la izquierda y el valor máximo de lactato después del esfuerzo anaeróbico se incrementa.
- Mejoran tanto la V_4 como el valor máximo de lactato.

Con base en la literatura científica, se describen para cada una de las variaciones anteriores los siguientes aspectos: a) tipos de entrenamiento que las producen, b) utilización de la energética aeróbica y anaeróbica durante los ejercicios físicos, c) valores de lactato y de la percepción del esfuerzo al nivel del máximo estado estable del lactato y durante ejercicios de intensidad submáxima por debajo del máximo estado estable de lactato, d) porcentajes con respecto al mejor tiempo personal del atleta que le permiten lograr niveles fijos de lactato y e) porcentaje que se recomienda utilizar durante el entrenamiento continuo extensivo y regenerativo con respecto a la V_4 .

Se concluye que con el conocimiento de la metodología de aplicación de este test, de las variaciones que tienden a ocurrir en la V_4 y en el ritmo máximo de producción de lactato y de la interpretación que debe dársele a cada una de estas variaciones, el entrenador o científico del deporte, cuentan con una herramienta de gran valor para el control de las capacidades energéticas aeróbica y anaeróbica de los atletas de alto rendimiento.

Key words:

Test estándar de lactato.
Umbral láctico.
Ritmo máximo de producción de lactato.

How to read the standard lactate test's results presented in athletes during training cycle?

Summary

Standard lactate test is one of the tests currently used for physiological and biochemical control of high-performance athletes. In this test is determined the speed of displacement corresponding to a concentration of 4 mmol per liter of blood lactate (V_4), as an indicator of the lactate threshold and the speed or the maximum rate of lactate production (VL_{Max}), as an indicator of the maximum capacity of glycolysis.

The objectives of this review article is to describe the methodology of the test and discuss the variations tend to occur more frequently in these variables, which are:

- The V_4 improvement and maximum lactate value after anaerobic effort remains unchanged.
- V_4 improvement and maximum lactate value decreases after anaerobic effort.
- V_4 remains unchanged or moves slightly to the left and the maximum value of lactate after anaerobic effort increases.
- Improve both the V_4 and the maximum lactate value.

Based on the literature, are described for each of these variations the following: a) types of training that produce them, b) use of aerobic and anaerobic energy during exercise, c) lactate values and perceived exertion at maximum lactate steady state and during submaximal exercise intensity below maximum lactate steady state, d) percentages with respect to personal best athlete to achieve fixed levels of lactate e) percentage that is recommended for continuous extensive and regenerative training with respect to the V_4 .

It has to be concluded that with the knowledge of the methodology for the application of this test, the variations tend to presented in V_4 and in the maximum rate of lactate production and the interpretation that should be given to each of these variations, the coach or sport scientist, have a valuable tool to control the energetic aerobic and anaerobic capacity of elite athletes.

Palabras clave:

Standard lactate Test. Lactate threshold. Maximum rate of lactate production.

Correspondencia: Antonio Luis Alba Berdeal

E-mail: antonioluisalba@yahoo.com

Introducción

Entre los protocolos de evaluación de capacidad de los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbico de atletas de alto rendimiento que emplean la medición de lactato en sangre se encuentra el test estándar de lactato.

Este método fue diseñado por el Dr. Jan Olbrecht, 2000¹⁻³, el cual se basó en los trabajos del Dr. Alois Mader¹⁴⁻⁷, quien diseñó el test de dos velocidades, el cual constituye un antecedente del test estándar de lactato.

Dicho test permite evaluar el potencial de rendimiento y optimiza la prescripción de entrenamiento de atletas. Olbrecht evaluó con este test a atletas que alcanzaron gran renombre mundial, entre los que están P. Van Den Hoogenband (natación 200 m libres); K. Vliegheuis (natación 400 y 800 m. libres) y Luc Van Lierde (triatlón)¹.

Objetivos

- Describir la metodología de aplicación del test estándar de lactato.
- Comentar los aspectos fisiológicos y bioquímicos de las variaciones que se presentan a lo largo del ciclo de entrenamiento en atletas de alto rendimiento, en la velocidad de desplazamiento correspondiente a 4 mmol de lactato por litro de sangre (V_4) y en el ritmo máximo de producción de lactato, como variables que se determinan en el test estándar de lactato.

Descripción de la metodología del test estándar de lactato

Es un test de campo específico aunque puede ser realizado en laboratorio. El mismo consta dos fases: en la primera de estas se determina la velocidad de desplazamiento correspondiente a una concentración de lactato en sangre de 4 mmol/l o V_4 que constituye un indicador del umbral láctico^{8-16,25-30,33-35} y en la segunda fase se determina la velocidad o el ritmo máximo de producción de lactato o VL_{Max}^{1-3,8,18}.

La primera fase consiste en realizar de 2 a 4 etapas a intensidad (velocidad, potencia) submáxima relativamente estable y con duración cada una de 5 a 8 minutos. Esta duración de las etapas y esta intensidad lo más estable posible tienen como finalidad alcanzar un equilibrio en la concentración de lactato entre músculo y la sangre. Inmediatamente al finalizar cada etapa se toma la muestra de sangre. La pausa en que se toma la muestra no deberá superar los 30 segundos. La intensidad de carga de cada etapa se incrementa de forma gradual. Para establecer la magnitud en que se incrementa la intensidad entre las etapas, se tiene en cuenta que el valor de lactato inmediato al terminar las primeras dos etapas sea inferior a 4 mmol/l. y al terminar la tercera o la cuarta etapas se debe haber sobrepasado este valor^{1,18}.

Las velocidades que producen valores de lactato inmediatamente por debajo y por encima de 4 mmol/l, se utilizan para calcular, por medio de interpolación lineal, el valor de la V_4 en las unidades correspondientes

de velocidad (km/h, mph, m/s.) o en las unidades de potencia mecánica (watts) en caso de realizar el test en cicloergómetro o kayakergómetro. Una fórmula analítica utilizada en pruebas de evaluación funcional que permite la interpolación lineal es la siguiente¹⁹:

$$V_4 = V_{ant} + (V_{post} - V_{ant}) \times (4 - L_{ant}) / (L_{post} - L_{ant}), \text{ en la cual,}$$

V_4 es la velocidad correspondiente a 4 mmol/l.

V_{ant} es la velocidad de la etapa inmediata anterior a 4 mmol/l.

V_{post} es la velocidad de la etapa inmediata posterior a 4 mmol/l.

L_{ant} es el valor de lactato de la etapa inmediata anterior a 4 mmol/l.

L_{post} es el valor de lactato de la etapa posterior a 4 mmol/l.

Una vez determinada la V_4 , esta puede ser expresada en ritmo (min: s) para el tramo de distancia de entrenamiento más conveniente.

La velocidad correspondiente a 4 mmol/l constituye un punto de referencia para futuras evaluaciones del atleta. Cuanto mayor es la V_4 , mayor es también el nivel de resistencia aeróbica del atleta^{1-3,5-7,9-18,23-32}.

Sin embargo, es necesario determinar también el ritmo máximo de producción de lactato al realizar la segunda fase de este test para una correcta evaluación de la resistencia aeróbica^{1,18}.

A continuación, el atleta se recupera de forma activa durante 25 minutos con el objetivo de remover lactato. Después continúa con un descanso completo de 5 minutos para disminuir el consumo de oxígeno hasta valores cercanos al de reposo.

En la segunda fase del test se le pide al examinado realizar un esfuerzo de máxima intensidad y con una duración de 20 a 30 segundos. Se mide el tiempo de este esfuerzo y la concentración de lactato en sangre a los minutos 3, 5, 7 y 9 de la recuperación, a fin de encontrar el valor pico de lactato postesfuerzo.

Con estos datos se calcula el ritmo máximo de producción de lactato, al dividir el valor pico de lactato encontrado entre el tiempo del esfuerzo en segundos. Este resultado expresa la cantidad de lactato acumulado, expresado en mmol/l por segundo de esfuerzo máximo^{1-3,8,18}. También se puede calcular el valor relativo, expresado en mmol/l/min/kg de peso corporal^{1,18}.

Se han diseñado protocolos específicos de carga para realizar este test en disciplinas tales como atletismo, natación, ciclismo, canotaje, banda sinfín y cicloergómetro^{1-3,17}.

Con base en las indicaciones metodológicas mencionadas, en el IDRD de Bogotá, hemos estado aplicando este método en varias disciplinas atléticas, obteniendo los valores de V_4 y de ritmo máximo de producción de lactato.

La determinación y el análisis conjunto de estas dos variables es importante por las razones siguientes^{1-3,18}:

Primera: Para que un atleta pueda lograr un máximo ritmo de producción energética por unidad de tiempo durante toda la competencia, es necesario ajustarle o equilibrarle, por medio de un test como este, el nivel de su capacidad anaeróbica láctica en dependencia del nivel de su VO_2 max y de la duración de dicha competencia. Esto se explica por el hecho de que cuanto más elevado sea el VO_2 max, mayor será el ritmo en que el atleta produce lactato, debido a que el mayor VO_2 max le permite mayor remoción y utilización de lactato durante el esfuerzo físico. A su vez, cuanto más tiempo dura la competencia, más bajo y óptimo deberá ser el nivel de su ritmo máximo de producción de

lactato^{1,18}. En resumen, el VO_2 max nunca es suficiente, mientras que la capacidad anaeróbica es necesario ajustarla.

De esta forma, la acidosis metabólica producida por la actividad glicolítica, no le impedirá al atleta mantener la requerida intensidad de esfuerzo hasta el final de la competencia.

Segunda: Se requiere lograr un equilibrio diferente de la capacidad anaeróbica láctica en relación con el VO_2 max en las diferentes etapas y periodos del ciclo de entrenamiento (del periodo preparatorio al competitivo). Por ejemplo: en los deportes de resistencia aeróbica, a pesar de que la capacidad aeróbica es la determinante del resultado competitivo, se debe enfatizar en la capacidad anaeróbica durante el periodo preparatorio. Esto le permite al atleta entrenar y a la vez percibir determinado nivel de molestia, a consecuencia de la acumulación de lactato, con lo cual puede asimilar carga con bajo riesgo de sobreentrenamiento.

De no poseer un determinado nivel de desarrollo de esta capacidad anaeróbica, dicho atleta tendrá durante los entrenamientos baja percepción de esfuerzo y baja concentración de lactato en sangre, lo cual se mantendrá de esta forma hasta desarrollar un esfuerzo de intensidad cercana a la máxima, todo lo cual, eleva el riesgo de sobreentrenamiento. Al aproximarse a la etapa precompetitiva, estos atletas de resistencia enfatizan en el entrenamiento continuo extensivo y continuo cercano al umbral láctico, los cuales, debilitan la capacidad anaeróbica, permitiendo elevar el umbral láctico.

Tercera: La determinación del nivel de la capacidad anaeróbica junto al valor de la V_4 posibilita una prescripción más individualizada y óptima de las intensidades de entrenamiento. Cuanto más fortalecida esté la capacidad anaeróbica, como ocurre en los atletas que desarrollan velocidad, resistencia a la velocidad y resistencia a la fuerza, a más bajo porcentaje con respecto al VO_2 max se localizará la V_4 y como consecuencia, un porcentaje más elevado de dicha V_4 podrá ser utilizado en los entrenamientos continuo extensivo y regenerativo sin riesgo de sobreentrenamiento. En general, la intensidad deberá estar más cerca al 90% del valor de la V_4 ^{1,2,8,18}.

Por su parte, los atletas elite de resistencia aeróbica utilizan un mayor porcentaje de su capacidad aeróbica, por lo cual, su umbral láctico se localiza más cerca de su VO_2 max, por tanto, la intensidad del entrenamiento continuo extensivo, tomando como referencia el valor de la V_4 , deberá disminuirse, a fin de evitar sobreentrenamiento. En general, la intensidad deberá estar más cerca al 70% del valor de la V_4 ^{1,2,8,18}.

Variaciones encontradas en atletas con la aplicación del test estándar de lactato durante el ciclo de entrenamiento (desde el periodo preparatorio hasta la etapa precompetitiva)

Variación # 1: la V_4 se incrementa y el valor máximo de lactato después del esfuerzo anaeróbico se mantiene sin cambio

En la Tabla 1 y en la Figura 1 se observan los resultados de la aplicación del test estándar de lactato que le fue realizado a un ciclista de ruta paralímpico en la etapa de preparación física general y en la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento 2013-2014.

Se observa que la V_4 ha aumentado desde 11,3 hasta 11,9 m/s, mientras que la velocidad y el valor máximo de lactato al finalizar el esfuerzo anaeróbico no se modificaron de una a otra medición, siendo respectivamente 13,8 m/s. y 8,5 mmol/l.

En este caso se asume que el desplazamiento hacia la derecha de la V_4 es debido a un incremento de la capacidad aeróbica (VO_2 max), lo cual se evidencia por una mejoría en la capacidad de aclaramiento de lactato. Con base en el desplazamiento de la V_4 a la derecha de la curva, sin modificación en el valor máximo de lactato, es posible afirmar que el VO_2 max se ha incrementado también¹⁸.

Los entrenamientos que promueven estas variaciones son continuo extensivo (largo, lento), regenerativo y los intervalos a la intensidad del VO_2 max^{1,18,27}.

La utilización de energía aeróbica ha aumentado y la utilización de la energía anaeróbica ha disminuido.

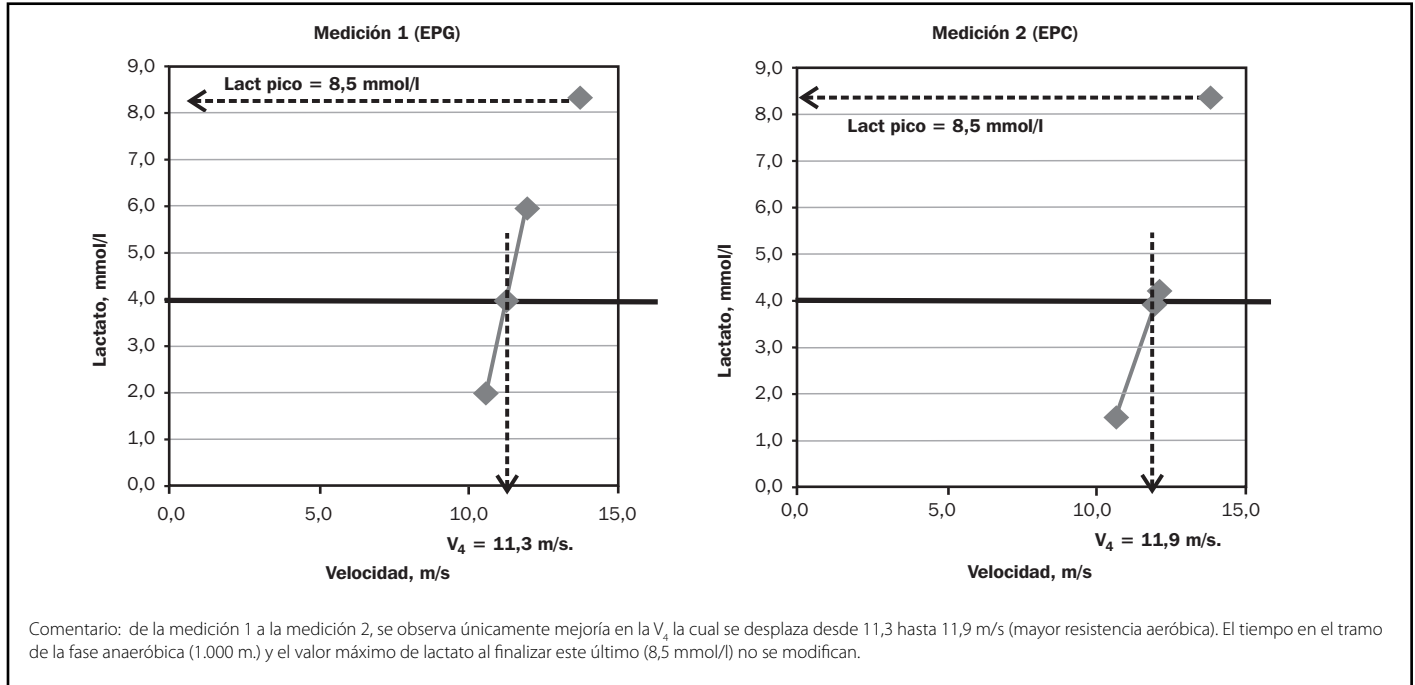
A nivel del máximo estado estable del lactato se presentan las características siguientes:

- La intensidad de esfuerzo está aumentada, lo cual se evidencia porque la V_4 se ha desplazado hacia la derecha.
- El nivel de lactato está disminuido, lo cual es debido a la mayor capacidad de remoción de lactato, sin haber existido cambios en el ritmo máximo de producción de lactato.
- La percepción del esfuerzo (según la escala RPE) está aumentada. Esto se debe a la mayor capacidad de remoción de lactato, la cual obliga a que el atleta tenga que desarrollar mayor intensidad de esfuerzo para poder involucrar su sistema anaeróbico, comenzando a acumular lactato a una mayor intensidad relativa.

Tabla 1. Resultados del test estándar de lactato realizado a un ciclista de ruta paralímpico en la etapa de preparación física general y en la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento 2013-2014.

Fases		Medición 1 (EPG)		Medición 2 (EPC)	
	Etapas	V, m/s	Lact mmol/l	V, m/s	Lact, mmol/l
Aeróbica	1	10,6	1,9	10,6	1,5
	V_4	11,3	4,0	11,9	4,0
	2	12,0	6,0	12,0	4,2
Anaeróbica		13,8	8,5	13,8	8,5

Figura 1. Variación en la V_4 y en el valor máximo de lactato postesfuerzo anaeróbico al aplicar el test estándar de lactato a un ciclista de rura paralímpico.



Durante los ejercicios de intensidad submáxima en estado estable (por debajo del máximo estado estable de lactato), se presentan las siguientes características:

- El nivel de lactato está disminuido. Esto es debido a que se elevó el VO_2 max, favoreciendo mayor remoción de lactato, sin cambio en la capacidad anaeróbica.
- La percepción de esfuerzo está disminuida. Esto es debido a la mayor capacidad de remoción de lactato. Como veremos más adelante, este aspecto, unido a valores de lactato más bajos al realizar estos ejercicios, tales como son los entrenamientos regenerativo y continuo extensivo, predisponen al sobre entrenamiento a los atletas que poseen una elevada capacidad aeróbica combinado con una baja capacidad anaeróbica.

El porcentaje con respecto al mejor tiempo personal del atleta en una distancia de entrenamiento dada, en que éste logra niveles fijos de lactato (2, 4 y 6 mmol/l) esta aumentado. Esto es debido también a la mayor capacidad de remoción de lactato que existe en este caso, requiriendo dicho atleta tener que desarrollar mayor intensidad de esfuerzo para alcanzar estos valores de lactato.

El porcentaje con respecto a la V_4 que se recomienda utilizar en el entrenamiento continuo extensivo y regenerativo se deberá disminuir, acercándose al 70% de la V_4 . Esto es debido a que la V_4 se encuentra más cerca del VO_2 max, existiendo mayor aprovechamiento del VO_2 max. y mayor tensión en el sistema aeróbico^{1,2,8}.

Este tipo de variación es la que debe ser observada en los atletas de eventos de resistencia cuando se acerca la etapa precompetitiva. De lo contrario, las cargas no han estado bien orientadas.

Variación # 2: la V_4 se incrementa y el valor máximo de lactato después del esfuerzo anaeróbico disminuye

En la Tabla 2 y Figura 2 se ilustra esta variación con los resultados obtenido de la aplicación de este test a un triatleta en la etapa de preparación física general y en la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento 2013-2014.

Este atleta tenía como objetivo disminuir su ritmo máximo de producción de lactato, para lo cual, tuvo hacer mayor énfasis en los entrenamientos continuo extensivo y continuo a intensidad más cercana al umbral láctico.

Se observa que la V_4 se ha incrementado desde 4,02 hasta 4,7 m/s., mientras que el máximo lactato disminuye desde 7,5 hasta 5,5 mmol/l.

Este caso debe ser interpretado como que el mejoramiento en la V_4 es debido primariamente a un decremento en la capacidad anaeróbica. Esto se explica por el hecho de que menos lactato está entrando al sistema corporal, lo cual hace que el atleta comience a acumular lactato a mayor intensidad de esfuerzo. Se eleva el umbral láctico y es mayor el porcentaje de aprovechamiento de su VO_2 max. Se debe señalar también que de continuar el entrenamiento utilizando intensidades elevadas, cercanas al umbral láctico, podría ser potencialmente dañino para este atleta^{1,18}.

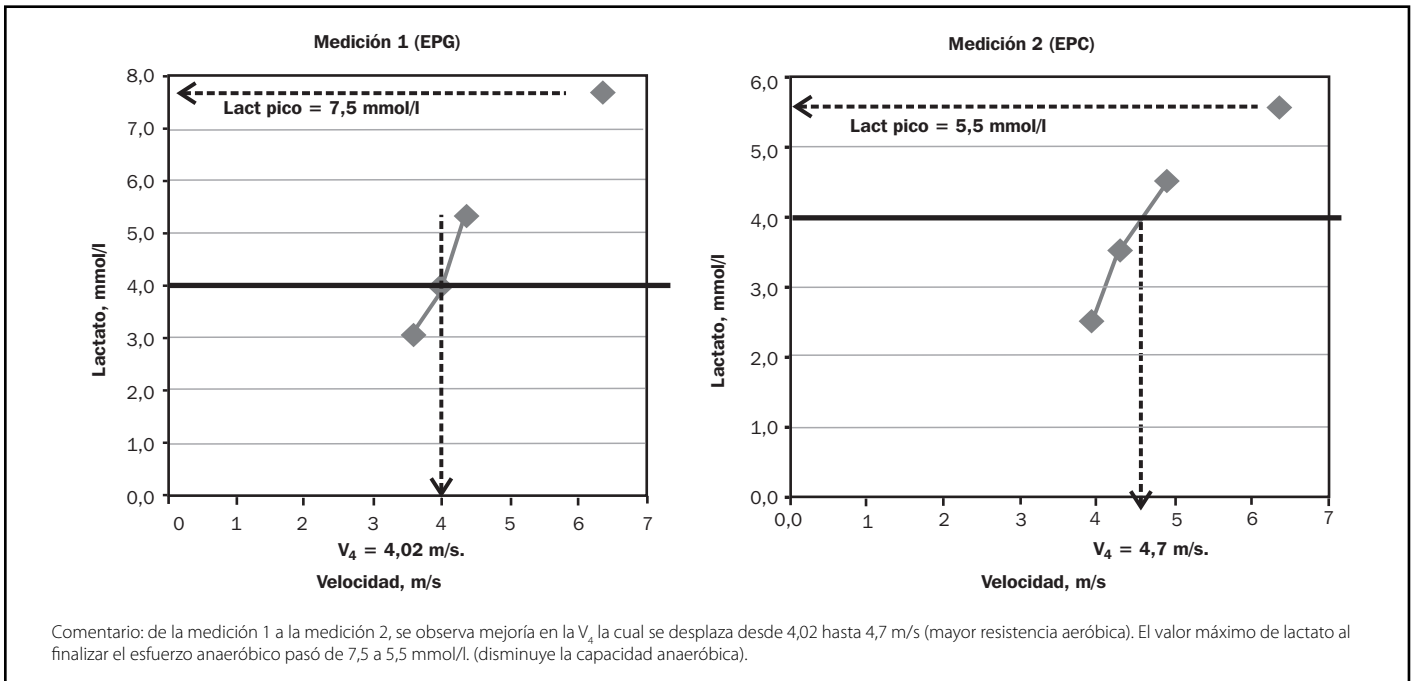
Este tipo de variación es promovida por sesiones de entrenamiento continuo extensivo (largo, lento) y continuo con intensidad cercana al umbral láctico^{1,18,27}.

La utilización de la energética aeróbica ha aumentado mientras que la utilización de la energía anaeróbica ha disminuido.

Tabla 2. Resultados del test estándar de lactato realizado a un triatleta en la etapa de preparación física general y en la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento 2013-2014.

Fases		Medición 1 (EPG)		Medición 2 (EPC)	
	Etapas	V, m/s	Lact mmol/l	V, m/s	Lact, mmol/l
Aeróbica	1	3,6	3,1	4	2,5
	2	4	3,9	4,4	3,5
	V₄	4,02	4	4,7	4
	3	4,4	5,2	5	4,5
Anaeróbica		6,5	7,5	6,5	5,5

Figura 2. Variación en la V₄ y en el valor máximo de lactato postesfuerzo anaeróbico al aplicar el test estándar de lactato a un triatleta.



El VO₂ max puede no haber variado, incluso pudo haber disminuido. Sin embargo, el VO₂ al realizar ejercicios en estado estable por debajo del máximo estado estable del lactato, expresado como porcentaje del VO₂ max, ha aumentado. Esto se explica porque la utilización de la energética aeróbica ha aumentado y a la vez, el VO₂ max no ha variado. Consecuentemente, la tensión en el sistema aeróbico y el riesgo de sobre entrenamiento están ambos aumentados^{1,18}.

A nivel del máximo estado estable del lactato se presentan las siguientes características:

- La intensidad de esfuerzo a nivel del máximo estado estable de lactato esta aumentada. Esto se evidencia porque la V₄ se ha desplazado hacia la derecha.
- El nivel de lactato al máximo estado estable del lactato está disminuido. Esto es debido a la mayor capacidad de remoción de lactato sin cambios en el ritmo máximo de su producción.

- La percepción de esfuerzo (de acuerdo a la escala RPE) al máximo estado estable del lactato esta aumentada. Esto se debe a la mayor remoción de lactato, la cual condiciona al atleta a que tenga que desarrollar una intensidad de esfuerzo más elevada para poder involucrar su sistema anaeróbico.

Durante los ejercicios de intensidad submáxima en estado estable (por debajo del máximo estado estable de lactato), se observan las siguientes características:

- El nivel de lactato está disminuido. Esto se debe a un ritmo máximo de producción de lactato más bajo, unido a mayor capacidad para remover lactato.
- La percepción de esfuerzo está disminuida. Esto es debido a la menor capacidad anaeróbica, acumulándose menos lactato y menos iones hidrogeno causantes de las molestias. Como veremos más adelante, este aspecto, unido a valores más bajos de lactato al

realizar ejercicios en estado estable, predisponen al sobre entrenamiento a aquellos atletas que poseen elevada capacidad aeróbica y baja capacidad anaeróbica.

El porcentaje en que este atleta logra niveles fijos de lactato (2, 4 y 6 mmol/l.), con respecto a su mejor tiempo personal en una distancia dada de entrenamiento, está aumentado. Esto es debido a su mayor capacidad de remoción de lactato, que requiere aumentar la intensidad de esfuerzo para alcanzar dichos valores de lactato.

Este es un aspecto importante a tener en cuenta por los entrenadores que les indica que entrenar a un determinado porcentaje del mejor tiempo personal a los atletas no siempre produce los mismos efectos fisiológicos: los atletas con mayor capacidad aeróbica logran un valor de lactato dado a mayor intensidad relativa¹.

El porcentaje de la V_4 que se recomienda utilizar para las sesiones de entrenamiento continuo extensivo y regenerativo se deberá disminuir (cerca al 70% de la V_4), debido a que la V_4 en este caso está más cerca del VO_{2max} .

Los deportes en los que esta variación debe producirse al aproximarse a la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento son los de resistencia aeróbica. De no ser de esta forma, las cargas no estuvieron bien orientadas. Los atletas de resistencia logran desarrollar una elevada intensidad de esfuerzo a bajas concentraciones de lactato.

Variación # 3: la V_4 se mantiene sin cambio o se desplaza ligeramente hacia la izquierda y el valor máximo de lactato después del esfuerzo anaeróbico se incrementa

En la Tabla 3 y Figura 3 se visualizan estas variaciones a través de los resultados de la aplicación de este test en un atleta de natación subacuática desde la etapa de preparación física general a la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento 2013-2014.

Esta variación puede presentar problemas de interpretación por parte de los entrenadores. La curva de lactato y la V_4 se mueven ligeramente hacia la izquierda. Cualquier evaluador o entrenador que utiliza la interpretación clásica de las pruebas de lactato diría que algo ha "andado mal" con el entrenamiento. Sin embargo, esto no es así¹⁸.

Se observa que la V_4 ha disminuido ligeramente desde 1,65 hasta 1,58 m/s., mientras que la capacidad anaeróbica se ha elevado dramáticamente: la velocidad desarrollada al recorrer el tramo anaeróbico

apenas varió, pasando de 2,5 a 2,4 m/s, pero el valor máximo de lactato después de este esfuerzo se incrementó dramáticamente, pasando de 4,7 a 7,4 mmol/l.

En este caso, si se mide el VO_{2max} y se detecta que este índice no se ha modificado, debe interpretarse que es el incremento o fortalecimiento de la capacidad anaeróbica el que promueve la disminución en la V_4 y no una disminución en el VO_{2max} .

Para que se mantenga sin cambio o disminuya ligeramente la V_4 , unido a un incremento substancial en el ritmo máximo de producción de lactato, se requiere un mejoramiento proporcional del VO_{2max} .

Similares valores de lactato a intensidades de esfuerzo submáximas y a la V_4 van a reflejar una mayor participación del sistema energético anaeróbico láctico en aquellos atletas que poseen una más elevada capacidad aeróbica o VO_{2max} , en comparación con los atletas de menor resistencia¹.

Esto es debido a que el atleta de mayor resistencia aeróbica tiene la capacidad de remover lactato más rápidamente no solo durante la recuperación, sino también durante el esfuerzo, lo cual, le permite utilizar un mayor porcentaje de su capacidad anaeróbica²⁷. Por tanto, la variación ligeramente "negativa" hacia la izquierda de la curva que se observa en este caso no es de preocupar¹⁸.

Las sesiones de entrenamiento que promueven este tipo de variación son la de *sprints* (método de repeticiones para desarrollar velocidad máxima) y los intervalos de alta intensidad¹⁻³.

Con esta variación la utilización de energía aeróbica está disminuida, mientras que la utilización de la energía anaeróbica está aumentada.

El VO_{2max} muy probablemente haya aumentado. Es posible incrementar en los atletas el VO_{2max} y a la vez, la curva de lactato se desplaza hacia la izquierda. Esto es debido a que la mejoría en la capacidad anaeróbica láctica fue proporcionalmente superior a la mejoría en el VO_{2max} .

El VO_2 de los ejercicios en estado estable por debajo del máximo estado estable del lactato, expresado como porcentaje del VO_{2max} , está disminuido, ya que la utilización de la energética aeróbica está disminuida y, a la vez, el VO_{2max} se mantiene o aumenta. Por lo anterior, la tensión en el sistema aeróbico disminuye y consecuentemente, disminuye también el riesgo de sobre entrenamiento.

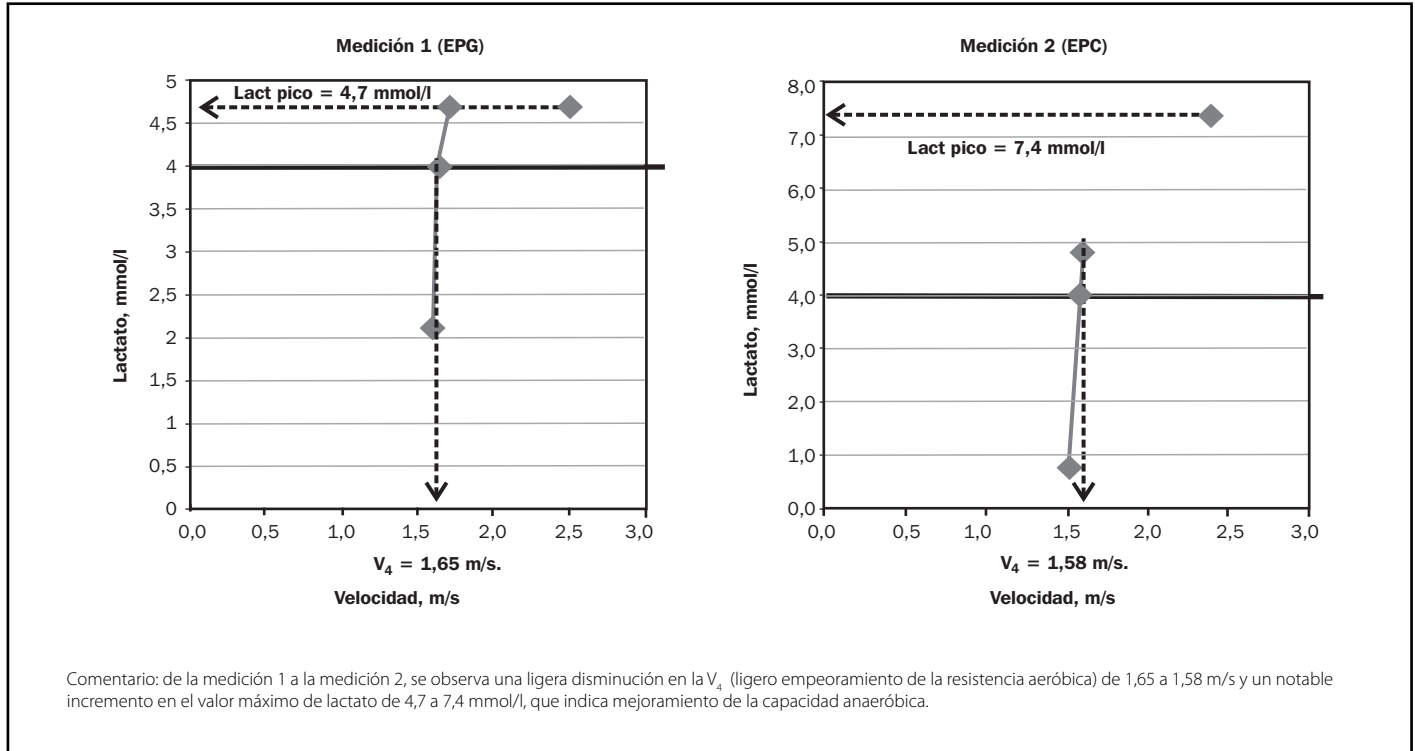
A nivel del máximo estado estable del lactato se observan las siguientes características:

- La intensidad de esfuerzo disminuye. Esto se evidencia en que la V_4 se ha desplazado ligeramente hacia la izquierda. Un ritmo

Tabla 3. Resultados del test estándar de lactato realizado a un atleta de natación subacuática en la etapa de preparación física general y en la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento 2013-2014.

Fases		Medición 1 (EPG)		Medición 2 (EPC)	
	Etapas	V, m/s	Lact mmol/l	V, m/s	Lact, mmol/l
Aeróbica	1	1,6	2,1	1,5	0,75
	V_4	1,65	4	1,58	4
	2	1,7	4,7	1,6	4,8
Anaeróbica		2,5	4,7	2,4	7,4

Figura 3. Variación en la V_4 y en el valor máximo de lactato postesfuerzo anaeróbico al aplicar el test estándar de lactato a un atleta de natación subacuática.



máximo de producción de lactato más elevado provoca que este compuesto químico entre al sistema corporal más rápidamente y se acumule a intensidades más bajas durante los ejercicios físicos.

- La concentración de lactato en sangre a nivel del máximo estado estable del lactato está incrementado debido al mayor ritmo máximo de producción de lactato.
- La percepción de esfuerzo (de acuerdo a la escala RPE) disminuye, ya que el ritmo máximo de producción de lactato más elevado posibilita que a menor intensidad de esfuerzo se alcance el máximo estado estable del lactato, localizándose este último a un porcentaje más bajo con respecto al VO_2 max del atleta.

Durante los ejercicios de intensidad submáxima en estado estable (por debajo del máximo estado estable de lactato), se observan las siguientes características:

- El nivel de lactato está aumentado. Esto se debe al más elevado ritmo máximo de producción de lactato, unido a una menor capacidad de remoción del mismo.
- La percepción del esfuerzo está aumentada. Esto es debido también al más elevado ritmo máximo de producción de lactato, el cual, propicia que a bajas intensidades el esfuerzo sea percibido de forma más intensa y los valores de lactato sean más elevados. Es importante señalar que estos dos últimos aspectos permiten que se eleve el "sistema de alarma de fatiga" en los atletas cuando estos realizan entrenamientos a intensidades submáximas, lo cual les disminuye el riesgo de sobre entrenamiento.

El porcentaje con respecto al mejor tiempo personal del atleta en una distancia de entrenamiento dada, al cual éste logra determinados niveles fijos de lactato (2, 4 y 6 mmol/l.), disminuye, a causa de la capacidad anaeróbica más fortalecida que le permite al atleta acumular lactato a más bajas intensidades relativas. Éste es un aspecto importante a tener en cuenta por los entrenadores, indicando que entrenar a un determinado porcentaje del mejor tiempo personal no siempre produce los mismos efectos fisiológicos: los atletas con mayor capacidad anaeróbica logran un valor de lactato dado a más baja intensidad relativa¹.

El porcentaje de la V_4 que se recomienda utilizar para el entrenamiento continuo extensivo y regenerativo podrá ser incrementado en un atleta con capacidad anaeróbica más fortalecida, pudiendo acercarse al 90% de la V_4 , debido a que esta última se encuentra más alejada del VO_2 max.

Esta variación debe producirse al arribar a la etapa precompetitiva aquellos deportes cuya competencia dura menos de 8 minutos, tales como corredores de velocidad, nadadores, remeros, ciclistas de pista y patinadores de velocidad. De no ser así, las cargas no estuvieron bien orientadas. Estos atletas se caracterizan por desarrollar una baja intensidad de esfuerzo a bajas concentraciones de lactato en sangre.

Como señalamos anteriormente, es deseable también esta variación en que se mejora la capacidad anaeróbica en los atletas de resistencia durante el periodo preparatorio del ciclo de entrenamiento, a fin de reducir la posibilidad de sobre entrenamiento y esto lo logra el entrenador al incorporar sesiones de elevada intensidad. Por su parte, al acercarse el periodo competitivo, esta capacidad anaeróbica deberá ser debilitada en estos atletas.

Variación # 4: se incrementan tanto la V_4 como el valor máximo de lactato al terminar la fase anaeróbica del test

En la Tabla 4 y en la Figura 4 se visualizan dichas variaciones por medio de los resultados de la aplicación de este test a un triatleta en la etapa de preparación física general y en la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento 2013-2014.

La V_4 se ha incrementado desde 4,02 hasta 4,58 m/s., mientras que para la segunda fase del test, se incrementaron tanto la velocidad (la cual varió desde 6,5 hasta 7,4 m/s.), como el valor máximo de lactato (el cual varió desde 6 hasta 7,5 mmol/l.)

El entrenador en este caso puede estar completamente seguro que la mejoría de la V_4 se debe a un incremento en la capacidad aeróbica o VO_{2max} . Es posible realizar tal afirmación, ya que el ritmo máximo de producción de lactato, que es otra variable que influye en el valor de la V_4 , se ha incrementado también.

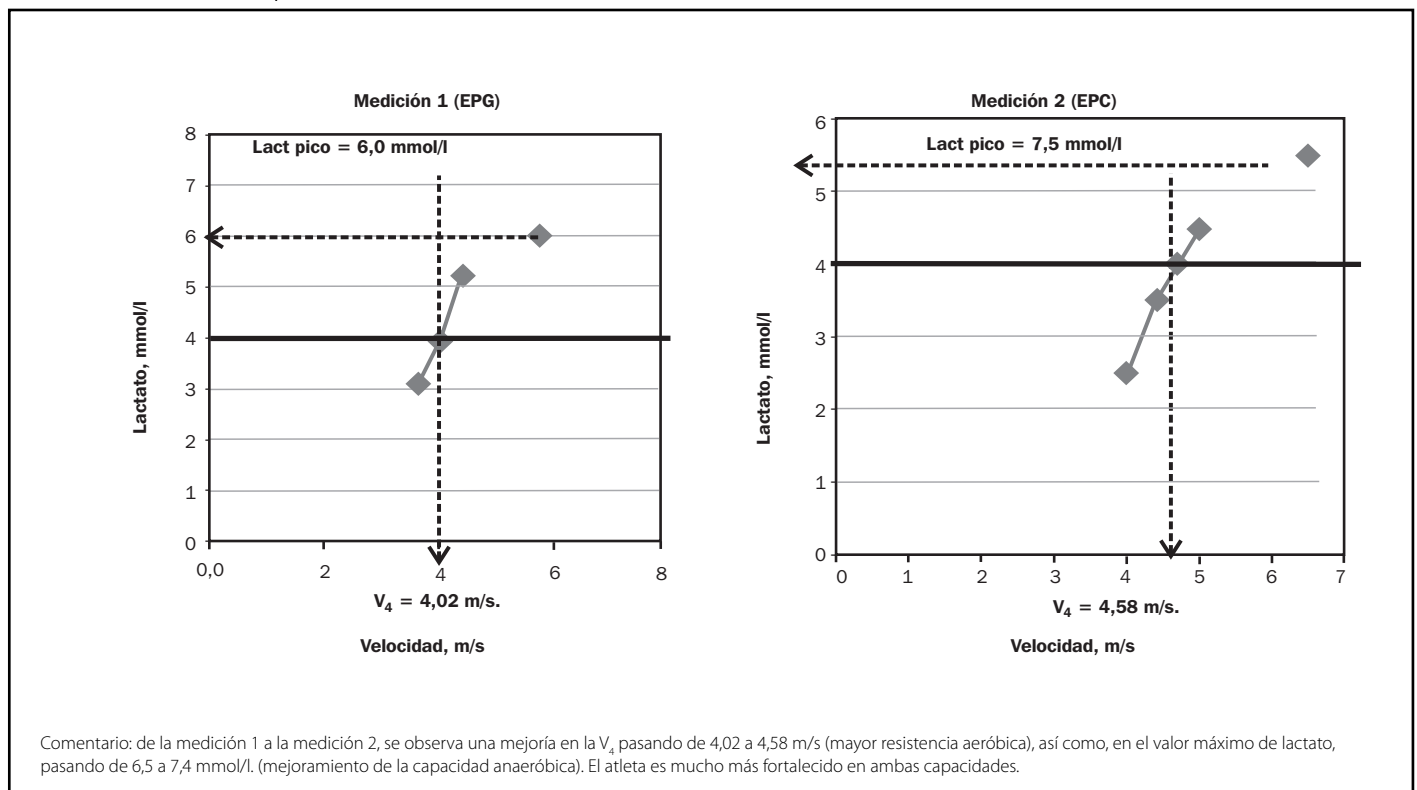
Si la V_4 se hubiese desplazado hacia la derecha, junto a una caída del ritmo máximo de producción de lactato, entonces, dicha esta mejoría en la V_4 pudiese haber sido causada por la disminución en el ritmo máximo de producción de lactato, sin haberse modificado el VO_{2max} .

El incremento que se observa en la capacidad anaeróbica, al tiempo en que ocurre aumento en la capacidad aeróbica, es una indicación

Tabla 4. Resultados del test estándar de lactato realizado a un triatleta en la etapa de preparación física general y en la etapa precompetitiva del ciclo de entrenamiento 2013-2014.

Fases		Medición 1 (EPG)		Medición 2 (EPC)	
	Etapas	V, m/s	Lact mmol/l	V, m/s	Lact, mmol/l
Aeróbica	1	3,6	3,1	4	3
	2	4	3,9	4,4	3,6
	V_4	4,02	4	4,58	4
	3	4,4	5,2	5	5,1
Anaeróbica		6,5	6	7,4	7,5

Figura 4. Variación en la V_4 y en el valor máximo de lactato postesfuerzo anaeróbico al aplicar el test estándar de lactato a un triatleta.



clara que el atleta está mucho más fortalecido en ambas capacidades en la segunda medición.

No obstante, es importante señalar que por ser éste un triatleta (que requiere una elevada resistencia aeróbica), fue necesario dar la indicación al entrenador de programarle sesiones que le debilitaran su ritmo máximo de producción de lactato, tales como entrenamientos continuo extensivo y continuo a nivel del umbral láctico, con la finalidad de elevar su V_4 . Como se ha señalado, una elevada capacidad anaeróbica es conveniente en el periodo preparatorio para poder asimilar carga con bajo riesgo de sobreentrenamiento en el atleta de resistencia, pero es necesario debilitar esta capacidad y ajustarla al acercarse el periodo competitivo. De lo contrario, durante la competencia este atleta producirá demasiado lactato, impidiéndole terminar la misma.

Conclusiones

- Se describió la metodología y finalidad del test estándar de lactato.
- Se describieron las variaciones que tienden a ocurrir durante el ciclo de entrenamiento deportivo (desde el inicio del periodo preparatorio hasta la etapa precompetitiva), comentándose los aspectos fisiológicos y de aplicación al entrenamiento que todo entrenador y científico del deporte debe poseer al aplicar este test.

Bibliografía

1. Olbrecht J. *The Science of Winning: Planning, Periodizing and Optimizing Swim Training*. Belgium: Overijse; 2000.
2. Lactate Testing Information. Lactate testing, 3 portable analyzers, lactate scout, lactate plus, accutrend lactate. 2011. Disponible en www.lactate.com
3. La Fisiología del Lactato y el Entrenamiento en Deportes. 2011. Disponible en www.lactate.com/eslact1a.html.
4. Mader A, Heck H. A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold". *Intern. Journal of Sports Medicine*. 1986;7(Sup):45-65.
5. Mader A. Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1991;31:1-19.
6. Olbrecht J, Mader A, Madsen O, Liesen H, Hollmann W. The relationship of lactic acid to long-distance swimming and the "2x400m two-speed-test" and the implications for adjusting training intensities. En: Ungerechts B, Wilkie EK, Reischle K. *Swimming Sciences V*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1988;226-67.
7. Olbrecht J, Mader A, Heck H, Hollman W. The importance of a calculation scheme to support the interpretation of lactate tests. En D. MacLaren (Ed.), *Biomechanics and medicine in swimming*. London: E & FN Spon; 1992;243-9.
8. Hartmann U, Mader A. Importance of the lactate parameter for performance diagnosis and for the regulation of training in top competition athletics and recreational sports. En: E. Ramstetter & C. Zieres-Nauthg & M. Mack (Eds.). *Workshop Report Accusport*. Zürich, Mannheim, 1994;14-20.
9. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Intern Journal of Sports Medicine*. 1985;6(3):117-30.
10. Hollmann W. 42 years ago-development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. *Sports Medicine*. 2001;31(5):315-20.
11. Kinderman W, Simon G, Keul J. The Significance of Aerobic Anaerobic Transition for Determination of Work Load Intensities during Endurance Training. *Eur Journal of Applied Phys*. 1979;42:25-34.
12. Londeree BR, Ames S. Maximal Steady-State versus State of Conditioning. *Eur Journal of Applied Phys*. 1975;34:269-78.
13. Sjodin B, Jacobs I. Onset of Blood Lactate Accumulation and Marathon Running Performance. *Intern Journal of Sports Medicine*. 1981;2:23-6.
14. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine*. 2009;39(6):469-90.
15. Stegmann H, Kindermann W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l(-1) lactate. *Intern Journal of Sports Med*. 1982;3(2):105-10.
16. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol*. 2003;28(2):299-323.
17. Segovia JC, López Silvarrey FJ, Legido Arce JC. *Manual de valoración funcional. Aspectos clínicos y fisiológicos*. 2da edición. España: Elsevier. S.A., 2008.
18. *The Secrets of Lactate*. Sports Resource Group, Inc. 2010. Disponible en CD-ROM.
19. Karpman VL, Belotserkovskii ZB, Gutkov IA. *Exámenes en Medicina Deportiva*. Moscú. Editorial Cultura Física y Deporte. 1988;78.
20. Pansold B, Zinner J. Selection, analysis and validity of sport specific and ergometric incremental test programmes. En: N. Bachl & TE. Graham & H. Löllgen (Eds.). *Advances in Ergometry*. Berlin: Springer-Verlag. 1991; pp. 180-214.
21. Weltman A, Seip RL, Snead D, Weltman YJ, Haskvitz EM, Evans WS, et al. Exercise Training At and Above the Lactate Threshold. *Intern Journal of Sports Medicine*. 1992;13:257-63.
22. Beneke R, von Duvillard SP. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1996;28(2): 241-6.
23. Billat VL. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long-distance running. *Sports Medicine*. 1996;22(3):157-75.
24. Billat VL, Sirvent P, et al. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*. 2003;33(6):407-26.
25. Binder RK, Wonisch M, et al. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*. 2008;15(6):726-34.
26. Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine Science for Sports and Exercise*. 1985;17(1):22-31.
27. Brooks GA, Fahey TD. *Fundamentals of Human Performance*. Macmillan Publishing Co, Collier Macmillan Publishers. 1987. p 50-52 y p. 83-84.
28. Hopkins, et al. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med*. 2001; 31:211-34.
29. Spurway NC. Aerobic exercise, anaerobic exercise and the lactate threshold. *British Medical Bulletin*. 1992;48(3):569-91.
30. Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011;6(1):8-24.
31. Faude O, Kindermann W, et al. Maximal lactate steady-state prediction. *Sports Medicine*. 2010;40(2):180-2.
32. Bourdon P. Blood lactate transition thresholds: concepts and controversies. En: Gore, CJ. *Physiological tests for elite athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics. 2000. p. 50-65.