

Relación de la velocidad de umbral de lactato (LT) a 4 mMol/L (V4) con la prescripción de intensidad en los entrenamientos a intervalos (IT), en condiciones estables.

Relationship of lactate threshold (LT) velocity at 4 mMol/L (V4) with intensity prescription in interval training (IT), under steady-state conditions.

Jorge Pinazzo – Nancy Nuñez¹

¹ Correo electrónico: vigilia42@gmail.com / nadrinu@gmail.com

RESUMEN

A partir de la evidencia científica se han obtenido importantes conclusiones que ayudan a determinar procesos metodológicos de entrenamiento, para la construcción de aquellas cualidades que son decisivas para el rendimiento.

Un excelente rendimiento durante la actividad deportiva se correlaciona con un alto umbral de lactato, y el entrenamiento de resistencia puede mejorar el umbral del lactato (Lundby y Robach, 2015).

Por otra parte, la evaluación del lactato en sangre, por sí sola es una forma efectiva de evaluar indirectamente la función mitocondrial y el sustrato energético que predomina según la carga de ejercicio, pero también, según el nivel atlético de deportista (San-Millán y Brooks, 2017).

Se ha cuestionado al umbral de lactato y su transferencia a los programas de entrenamiento. La idea del entrenamiento a la intensidad en el umbral, no parece contar con la evidencia que lo sustente.

Se plantea también discrepancias, en el uso del umbral del lactato para prescribir velocidades de entrenamiento durante un estrés metabólico en estado de intensidad constante (Mazza et al, 2019).

En este trabajo se buscó determinar si la velocidad de umbral de lactato (LT) a 4 mMol/L (V4), obtenida mediante una prueba incremental puede mantener la predicción de lactato en sangre (BL), en un entrenamiento intervalado (IT) en estado estable en un ciclista.

Los resultados están a favor de que el IT en V4 podría no ser suficiente para mantener el estrés metabólico durante la prueba. También se sugiere que la frecuencia cardiaca (FC) no sería un buen marcador de la intensidad del ejercicio en IT.

Palabras claves: Determinación de lactato, Deportes cíclicos, Atletas de resistencia, Umbral de lactato, Entrenamiento intervalado

ABSTRACT

From the scientific evidence, important conclusions have been obtained that help to determine methodological training processes, for the construction of those qualities that are decisive for performance.

Excellent performance during sports activity is correlated with a high lactate threshold, and resistance training can improve the lactate threshold (Lundby and Robach, 2015).

On the other hand, the evaluation of blood lactate, by itself, is an effective way to indirectly evaluate mitochondrial function and the energy substrate that predominates according to exercise load, but also according to the athletic level of the athlete (San-Millán and Brooks, 2017).

The lactate threshold and its transfer to training programs have been questioned. The idea of training at threshold intensity does not seem to have the evidence to support it.

Discrepancies are also raised, in the use of the lactate threshold to prescribe training speeds during a metabolic stress in constant intensity state (Mazza et al, 2019).

In this work, we sought to determine if the lactate threshold (LT) velocity at 4 mMol/L (V4), obtained through an incremental test, can maintain the prediction of blood lactate (BL), in an interval training (IT) in steady state in a cyclist.

The results are in favor that the IT in V4 might not be enough to maintain the metabolic stress during the test. It is also suggested that heart rate (HR) would not be a good marker of exercise intensity in IT.

Keywords: Determination of lactate, Cycling sports, Endurance athletes, Lactate threshold, Interval Training



Introducción.

A pesar de la realidad contemporánea, la investigación es parte de la racionalidad humana. Enlazar la investigación con la salud y la educación son un trinomio perfecto. Es un proceso sistemático en forma de espiral. La educación nutre al campo de la salud mediante la investigación.

Investigar sobre el lactato V_4 evidencia la relación de los nutrientes (alimentos) con el desempeño humano. Sin energía no avanzamos, no producimos. El alimento se transforma en energía en el cuerpo humano. Además de lo biológico, somos seres espirales, emocionales. Conocer el comportamiento del organismo humano nos ayuda a comprender el universo donde interactuamos (efecto mariposa). Somos seres sociales. Influyimos en los demás y somos influenciados por los otros (por ejemplo "los influencers"), la familia, los maestros, los políticos... Somos un "microcosmos", en nosotros, en el cuerpo humano, se resume la existencia de la materia y de lo inmaterial, lo espiritual.

El entrenamiento de los deportes cíclicos implica la manipulación de la intensidad, duración, y frecuencia del entrenamiento, en relación con los objetivos propuestos y la situación del deportista de forma de evitar la fatiga. En el ejercicio, el entrenamiento y el deporte hay un factor primordial que es la adaptación biológica.

La evaluación del lactato en sangre por sí sola es una forma efectiva de evaluar indirectamente la función mitocondrial y la flexibilidad metabólica en respuesta al ejercicio en los deportes cíclicos (San-Millán y Brooks, 2017).

Los umbrales de lactato son útiles para la evaluación de la resistencia en forma transversal o longitudinal siempre y cuando se utilizó el mismo concepto de umbral en pruebas idénticas (Beneke et al., 2011). Sin embargo, su aplicación y transferencia a prescripciones de velocidades de entrenamiento conlleva errores de subestimación de las intensidades de cargas de trabajo, cuando una velocidad obtenida de un test a velocidad incremental, es aplicada en cargas de entrenamiento a intensidad estable (Mazza et al., 2019).

El equipamiento para el análisis del lactato en sangre es pequeño, práctico, económico y válido para la evaluación y planificación del entrenamiento (Mazza et al., 2015).

El uso de la frecuencia cardiaca en la evaluación de las cargas de ejercicio y entrenamiento, si bien es simple y económica no tiene buen sustento científico para los deportes cíclicos (Fernández et al., 2019, Costa et al., 2012, Mazza et al., 2018)

Objetivo.

Determinar si la velocidad de umbral de lactato (LT) a 4 mMol/L (V_4), obtenida mediante una prueba incremental puede mantener la predicción de lactato en sangre (BL), en un entrenamiento intervalado en estado estable en ciclista.

Marco teórico.

En el ejercicio, el entrenamiento y el deporte hay un factor primordial que es la adaptación biológica, de valor positivo y que se limita con la fatiga, sobreentrenamiento y las lesiones que son los factores negativos. Estos, además de no permitir la adaptación pueden provocar el abandono de los deportistas.

A consecuencia de los procesos de adaptación biológica se generan adaptaciones biomecánicas, técnicas, cambios actitudinales y psico-emocionales (Hawley et al., 2014).

El músculo esquelético es el protagonista principal del movimiento humano, y es clave durante el ejercicio, el entrenamiento y las actividades deportivas, ya que en sus estructuras miofibrilares internas, es donde produce la adaptación o la fatiga. Las demandas de energía que requiere la contracción muscular, es provista por los tres sistemas metabólicos que el músculo esquelético tiene desarrollado en el interior de sus fibras musculares (Brooks, 2012). Los tres sistemas de energía son:

- ATP-Fosfocreatina (anteriormente definido como sistema anaeróbico alactácido).
- Glucolítico no oxidativo (anteriormente definido como Sistema Anaeróbico Lactácido).
- Aeróbico u Oxidativo.

Tabla 2 Sistemas de energía.

Sistemas de Energía	
Sistemas anaeróbico aláctico	ATP- Fosfocreatina
Sistema anaeróbico lactácido	Glucolítico no oxidativo
Sistema aeróbico	Glucolítico oxidativo

Fuente: Elaboración propia.

La intensidad del ejercicio, en conjunto con su duración y el modelo de reclutamiento de fibras, son los factores que más inciden en esta interacción. Los 3 sistemas proveen energía metabólica, en forma continua y combinada, término que se definió como: "continuum energético", pero cada sistema presenta un predominio durante una actividad en particular, (Fox, 1979, pp. 18-33).

Por otra parte, el principio de predominio energético sumado al concepto de especificidad metabólica son las piedras angulares para poder entender que volumen (duración de la carga de ejercicio), intensidad de la carga, y qué relación trabajo-pausa (densidad del estímulo) debe respetarse. Los tiempos de carga y pausas de recuperación son jerárquicos para generar la adaptación metabólica de un sistema, y evitar estados de fatiga y sobre entrenamiento (Wilmore y Costill, 1995, pp. 17-19).

El principio de predominio se define como la expresión de que una carga de entrenamiento genera un stress metabólico y un costo energético que, predominantemente,

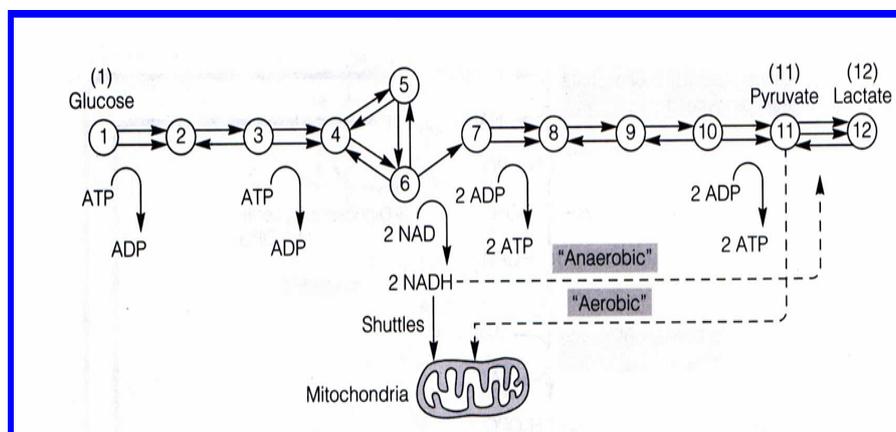
es aportado por uno o más sistemas energéticos.

El principio de especificidad se refiere a que el estímulo del ejercicio debe impactar y/o estresar direccionalmente el mecanismo fisiológico, generando su adaptación biológica. Es decir, que una carga de trabajo estimule y adapte un mecanismo metabólico preciso, y que genere un efecto en una cadena metabólica y/o en un órgano en especial.

SISTEMA GLUCOLÍTICO NO OXIDATIVO EN EL ENTRENAMIENTO Y LA COMPETENCIA. METABOLISMO DEL LACTATO.

El glucólisis es la degradación de la glucosa 6-fosfato, sea a partir de la glucosa circulante, o proveniente de la degradación de una molécula de glucógeno. En una sucesión de escalones metabólicos se degrada hasta piruvato, y se ha establecido que en el caso de que el piruvato se oxide en el ciclo de Krebs, se la define como glucólisis aeróbica u oxidativa. En el caso que el piruvato se convierta en lactato, se la define como glucólisis no oxidativa (Wilmore y Costill, 2010, pp. 133-138).

Figura 1: Glucólisis no oxidativa. Reversibilidad de la reacción piruvato-lactato.



Recuperado de Brooks y Fahey, (1995). Human Bioenergetics and Its Application. Exercise Physiology, pp. 70-75. California, USA: Mayfield Publishing Company Co.



En cuanto al ácido láctico se produce a partir del ácido pirúvico a través de la enzima lactato deshidrogenasa (LDH). Se debe considerar, que en pH fisiológico, en el cuerpo humano (7,35-7,40), se encuentra sólo en su forma disociada, es decir, como lactato y no como ácido (Ferguson et al. 2018).

Hoy existe evidencia científica de que el aporte de O₂ no es el factor determinante de la producción de lactato en los ejercicios a nivel del mar (arbitrariamente, hasta 1.500-1.800 metros), dado que se observó la producción de lactato en músculos contráctiles completamente oxigenados (Richardson, Noyszewski, Leigh y Wagner, 1998).

El lactato es definido como un producto intermedio de la glucólisis y, predominantemente, un combustible oxidativo mitocondrial, ya que se determinó que más del 90 % del lactato producido se remueve y se reconvierte a piruvato, porque la reacción es reversible (Brooks, 1985).

Tomando en cuenta esta evidencia de la dinámica del lactato podemos resumir las siguientes definiciones:

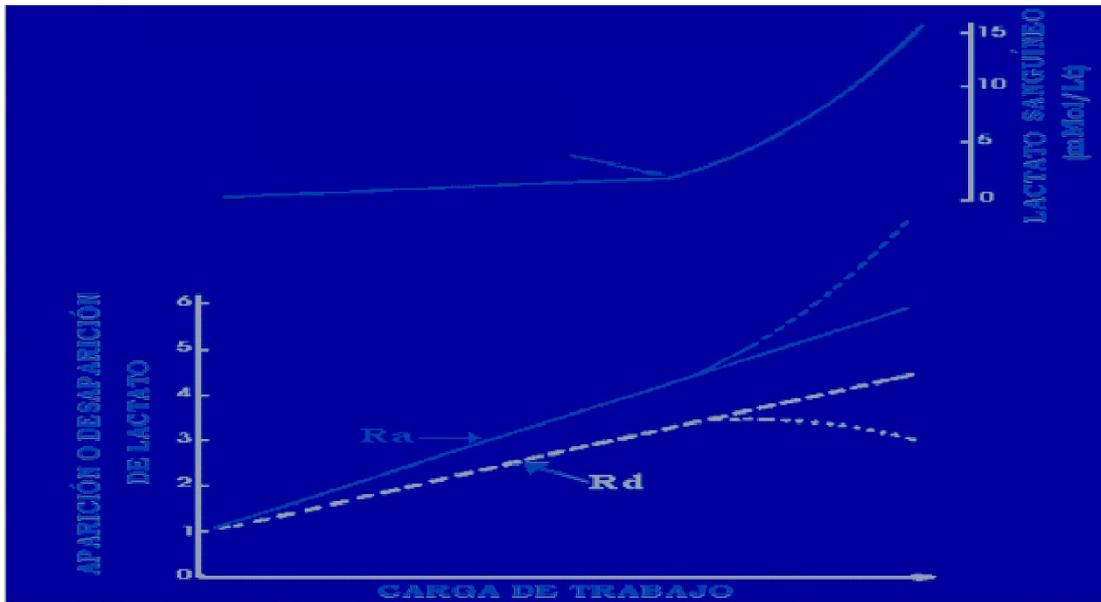
- Producción: Tasa de aparición de lactato en sangre o célula muscular, rate of appearance (Ra).
- Remoción: Tasa de desaparición de lactato en sangre o célula muscular, rate of disappearance (Rd).
- Estado de equilibrio del lactato: Niveles similares de producción y remoción de lactato o Lactate Steady-State (La SS). Equilibrio entre los niveles de producción vs. remoción (Ra = Rd).
- Potencia de Producción-Remoción: Define la reacción reversible de lactato - piruvato, en relación al tiempo, Lactate Turn-Over (Rt), en uMol/Kg./min.
- Potencia de Oxidación: Cantidad o tasa de lactato, proveniente de la reconversión lactato-piruvato, que se oxida en el Ciclo de Krebs, lactate Oxidated (ROx), uMol/Kg./min.

Cabe considerar, por otra parte, que una cantidad del lactato producido sale de la célula muscular y circula mediante el torrente sanguíneo hasta el hígado, donde se vuelve a transformar en glucosa por intermedio de la gluconeogénesis. Otra gran parte del lactato es captado por otros músculos a distancia, reconvertido a piruvato y oxidado a acetil CoA. En general, el lactato es movilizado por transporte entre tejidos y se constituye en un medio para la movilización y distribución de una fuente de energía potencial. Asimismo, la utilización del lactato provee una fuente para mantener la homeostasis de la glucosa sanguínea y un efecto alcalinizante sobre el estado ácido-base (Brooks, 2018).

El proceso de remoción de lactato, reconversión y posterior oxidación, también se produce en el espacio inter membranario de la mitocondria, enfatizando con esto, el valor de la hiperplasia y la hipertrofia mitocondrial (Gladden, 2008).

Debe señalarse que la cinética del lactato a una carga con velocidad incremental, se comporta de forma exponencial creciente, es decir que tiene una fase inicial lineal, seguida de un brusco ascenso exponencial, y que el punto de inflexión del cambio de tendencia de la curva fue denominado: Umbral de Lactato o Lactate Threshold (LT). Este punto define a la carga de trabajo que genera un rápido aumento de la concentración de lactato sanguíneo y que indica el límite entre el equilibrio de la producción y la remoción. Por consiguiente, que el lactato no esté elevado no quiere decir que no se produzca, sino que se está produciendo, Ra y removiendo, Rd a una tasa similar, durante varias etapas incrementales de la intensidad.

Figura 2 Umbral de lactato (LT)

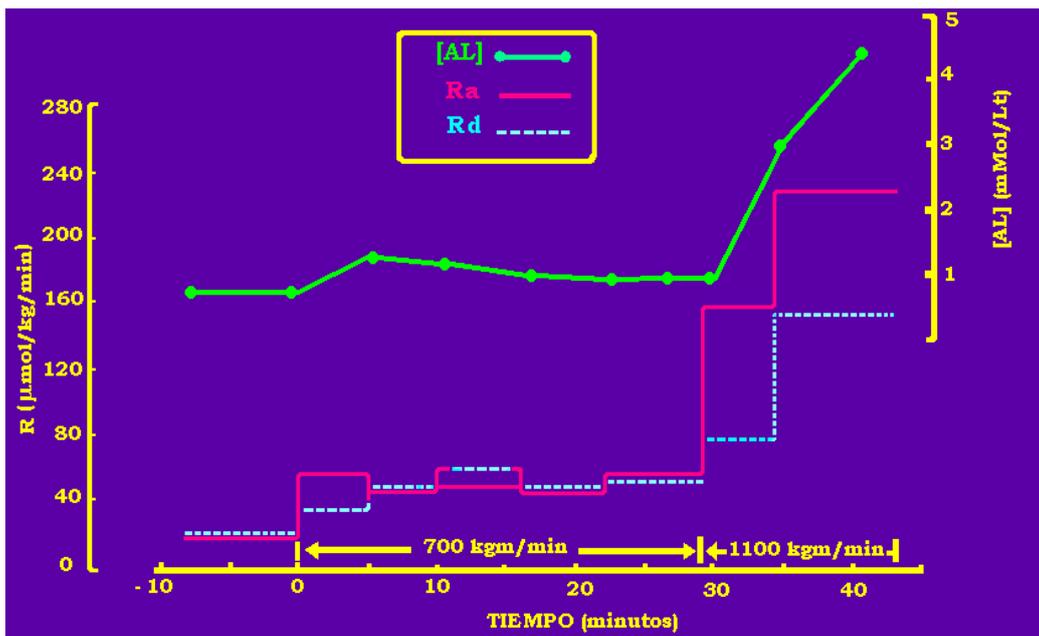


Ra: producción de lactato Rb: remoción de lactato. Recuperado de Brooks, 1985.

A partir de esta nueva definición, comenzaron a ejecutarse estudios, tratando de observar el comportamiento de los niveles de lactato sanguíneo, ante trabajos no incrementales, es decir esfuerzos donde la intensidad se mantenía constante. Esta nueva es-

trategia permitió determinar comportamientos estables del lactato, tipo meseta; y se comenzó a definir un importante concepto de estado de equilibrio de lactato o lactate Steady-State (La SS) (Brooks, 1985).

Figura 3 Estado de equilibrio o estable del lactato.



[AL]: concentración de lactato. Ra: producción de lactato. Rd: remoción de lactato. Recuperado de Brooks, 1985.



El LaSS representa un estado metabólico en el cual, ante un esfuerzo de intensidad dado, se alcanza un valor estable de lactato sanguíneo, esfuerzo que puede ser mantenido sin alteración sustancial de este valor estable. O sea, que el lactato que medimos en sangre es un balance entre la producción y la remoción intracelular del mismo. La tasa de remoción de lactato tiene una buena correlación ($r=0.86$) con el consumo máximo de oxígeno ($VO_2 \text{ max}$) (Ghosh, 2004).

Los mecanismos de transporte de lactato a través de las membranas se realizan por transportadores intra-membranarios, denominados: Monocarboxilate Carrier Transporters (MCT) (Halestrap y Wilson, 2012).

Se han determinado las tasas de transporte y los comportamientos de los mecanismos de transporte que son dos:

1. Mecanismo de transporte pasivo: Por diferencias entre gradientes de concentración de lactato entre compartimentos.
2. Mecanismo de transporte activo: Mediado por transportadores proteicos en la membrana.

Los MCT que existen en los tejidos, no sólo están en las membranas celulares, sino también están acumulados en las membranas mitocondriales, explicando el transporte de lactato y su conversión a piruvato dentro del espacio entre las membranas externas e internas (Brooks, 2020).

CONCEPTO Y DEFINICION DE DEPORTES CICLICOS CON ENFASIS EN EL CICLISMO

Son aquellas disciplinas, que independientemente de la intensidad y la duración se caracterizan por la ejecución de un gesto que se repite cíclicamente (encadenamiento sucesivo) para conseguir un desplazamiento del individuo, por medio de sus capacidades físicas (Peidro et al., 2013).

Los ejemplos de este tipo de deportes son la Natación, Atletismo, Ciclismo, Remo, Canotaje, Kayak, Patín Carrera, o pruebas combinadas como el Triatlón. Son los deportes llamados de tiempo o marca.

Ciclismo

La potencia requerida para ejecutar una buena performance en ciclismo a una velocidad e intensidad dada, particularmente eventos en velódromo o pista de pocos segundos (1 a 4 segundos) de duración, depende de una compleja interacción de factores o variables fisiológicas: $VO_2 \text{ máx}$, intensidad al LT, economía de movimiento e eficiencia mecánica, variables ambientales: velocidad del viento, temperatura y humedad, altitud, así como variables biomecánicas: tipo de material de la bicicleta, manillar, cuadro y neumáticos.

La comprensión de los factores biomecánicos y físicos básicos involucrados en la propulsión de la bicicleta hacia adelante, nos ayuda a entender todos los factores que se unen, en una forma muy compleja, y que determinan la aplicación de la fuerza de pedaleo en relación a la cadencia y su eficiencia mecánica.

Hay una serie de cualidades, inherentes al alto rendimiento, que en los deportes de endurance están asociados con el buen rendimiento (Hawley y Burke, 2000, pp. 131-171):

- Elevado $VO_2 \text{ max.}$, por sobre los 60 ml./Kg./min. en las mujeres; y superior a 65 ml./Kg/min. en los varones.
- Una potencia elevada en relación al peso.
- Un bajo nivel de grasa o adiposidad corporal.
- Elevada capacidad para entrenar y correr a un porcentaje fraccional elevado de $VO_2 \text{ máx.}$, durante períodos prolongados.
- Una elevada producción de potencia o velocidad dentro del umbral de lactato.
- Capacidad para mantener producciones altas de potencia o velocidad absolutas para resistir el inicio de la fatiga muscular.
- Una técnica eficaz y económica.
- Elevada capacidad para utilizar las grasas como energía durante el ejercicio sostenido, con un ritmo de trabajo intenso, para ahorrar las reservas de glucógeno del organismo.

En los deportes cíclicos que se caracterizan por una mayor duración, continuos y de alta intensidad, el principal objetivo del entrenamiento es promover una gama de adaptaciones fisiológicas y metabólicas que permitan retrasar el inicio de la fatiga. En consecuencia, para sostener y satisfacer las demandas diarias de las extenuantes sesiones de entrenamiento de resistencia, los atletas deben seleccionar planes nutricionales ricos en carbohidratos (Hawley y Leckey, 2015).

DEPORTES CICLICOS Y DETERMINACION DEL LACTATO COMO MÉTODO DE EVALUACIÓN

El entrenamiento de los deportes cíclicos implica la manipulación de la intensidad del entrenamiento, duración y frecuencia, con los objetivos implícitos de maximizar el rendimiento, minimizar el riesgo de resultados negativos, controlar que se mantenga el máximo estado físico y el rendimiento competitivo.

En un estudio en el cual se relacionó la velocidad de nado y la concentración de lactato durante los ejercicios de entrenamiento continuo e intermitente, y a pesar de una velocidad de nado constante durante la serie de intervalos con períodos de descanso de 30 segundos, encontramos una disminución significativa del lactato entre la primera y la tercera repetición (Olbrecht, Madsen y Mader, 1985).

En otro estudio se evaluó las interrelaciones entre el rendimiento de carrera de resistencia (maratón), la intensidad del ejercicio a la que ocurre el "inicio de la acumulación de lactato en sangre" (OBLA), el volumen de entrenamiento y las características de las fibras musculares. La velocidad a la que se produjo una acumulación de lactato en sangre de $4 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ se denominó V OBLA.

Se concluyó que el rendimiento de la carrera de maratón estaba estrechamente relacionado con V OBLA y con la capacidad de correr a un ritmo cercano a esa velocidad durante la carrera. Estas propiedades, a su vez, se relacionaron con el % ST (fibras musculares lentas), la densidad capilar y el volumen de entrenamiento (Sjödín y Jacobs, 1981).

Por otra parte, un excelente rendimiento durante la actividad deportiva se correlaciona con un alto um-

bral de lactato, y el entrenamiento de resistencia puede mejorar el umbral del lactato (Lundby y Robach, 2015).

El LT se produce a intensidades que van desde el 60% del $\text{VO}_2\text{máx}$ en individuos no entrenados al 75-90% del $\text{VO}_2\text{máx}$ en atletas entrenados para la resistencia. Se plantea que existe un aumento de la capacidad de transporte de lactato por el musculo y una mayor proporción de fibras musculares tipo 1 en individuos entrenados, que puede explicar el por qué se retrasa la acumulación del lactato después del entrenamiento. Por el contrario, el desentrenamiento puede hacer que el umbral del lactato se desplace hacia la izquierda, ya que se altera la capacidad de resistencia y la utilización del sustrato energético (San-Millán y Brooks, 2017).

A pesar de las significativas correlaciones encontradas entre el umbral de lactato y el rendimiento deportivo, el uso del mismo debe ser estrictamente estandarizado, y debe ser usado con cautela al programar las sesiones de entrenamiento, evaluar la capacidad aeróbica o predecir el rendimiento de la carrera. Debe ser usado con precaución por no tener en cuenta la variabilidad interindividual y podría considerarse como una medida adecuada para evaluar el estado de entrenamiento y la supervisión del rendimiento en atletas de similares habilidades atléticas (Santos-Concejero, et al., 2013).

En una revisión sistemática en nadadores de elite encontraron también el uso de valores submáximos y máximos de lactato para la prescripción de entrenamiento diario a diferentes intensidades. A la inversa, los reducidos cambios observados en la frecuencia cardiaca dentro de las sesiones sugieren que esas variables son menos informativas, al menos, para los nadadores de elite (Costa, Bragada, Marinho, Silva y Barbosa, 2012).

Se evaluaron ciclistas entrenados y no entrenados, y se vió que en los primeros el Rd fue mejorado de manera importante con el entrenamiento. En lo que respecta con la tasa de depuración metabólica (TMC), permaneció significativamente más alta (Messonnier, et al., 2013).

En relación a esto, se ha demostrado que el en-



trenamiento de resistencia altera la actividad de la enzima lactato deshidrogenasa (LDH) al modificar la proporción de su isoenzima H-LDH, que favorece más la oxidación del lactato a piruvato que la isoenzima M-LDH. Se ha demostrado también, que el entrenamiento de resistencia aumenta la oxidación a nivel muscular mediante el aumento de la capacidad mitocondrial. Además, la evidencia indica que el entrenamiento de resistencia mejora la capacidad de transporte de lactato y contenido muscular del MCT.

Un nivel de lactato elevado puede deteriorar la economía de la carrera, por lo que se enfatiza en la importancia de un alto VO₂máx para los atletas de resistencia, de forma de prevenir el aumento de las concentraciones de lactato durante el arranque o momentos de la carrera de intensidad alta (Hoff, Støren, Finstad, Wang y Helgerud, 2016).

El papel del lactato en la fisiología del ejercicio continúa siendo debatido, pero está claro que el lactato es un elemento vital como sustrato de energía, proporciona funciones clave en el metabolismo energético, cumple probablemente funciones en la señalización celular durante ejercicio, y no se limita a las condiciones anaeróbicas.

Si bien, el umbral de lactato puede ser una herramienta útil para evaluar a un grupo de atletas, ya sea para predecir el rendimiento o para la mejora en el control de las cargas de ejercicio, la fidelidad de las técnicas tradicionales de medición del umbral de lactato puede limitar su aplicabilidad a los atletas (Hall, Rajasekaran, Thomsen y Peterson, 2016).

La determinación del lactato no solo es una herramienta útil para evaluar la velocidad y la resistencia, sino que además permite evaluar el impacto de los ejercicios de fuerza sobre los deportistas de ciclismo y atletismo (Rønnestad y Mujika, 2014).

Con el tiempo, el término del umbral y su transferencia a la programación de las cargas de entrenamiento ha sido cuestionado y la idea de que el entrenamiento a intensidad en el umbral es particularmente efectivo no tiene ninguna evidencia. La

idea de que el entrenamiento a la intensidad del umbral puede ser particularmente eficaz parece un mito y no tiene buen sustento científico. Los umbrales de lactato son útiles para evaluaciones de resistencia en forma transversal o longitudinal siempre y cuando se utilice el mismo concepto de umbral en condiciones de prueba idénticas (Beneke, Leithäuser y Ochentel, 2011).

Metodología.

Diseño: estudio de caso.

1 ciclista entrenado realizará dos pruebas en velódromo: una prueba incremental de 10 x 1.000 metros con descanso pasivo de 1 minuto desde la prueba 1 a la 9 y de 5 min entre la 9 y la 10, midiendo la frecuencia cardíaca (FC) y la BL (Lactato sanguíneo) después de cada repetición para determinar el V₄; después de 4 días se realiza una prueba de IT (entrenamiento intervalado) de 10 x 1.000 mt. en estado estable, con 1 minuto de reposo pasivo, a velocidad V₄, midiendo la FC y BL, después de las repeticiones 1,2,4,6,8 y 10.

Criterios de inclusión

- *Ciclista entrenado en velódromo y ruta.*

Criterios de exclusión

- *Deportista no entrenado*
- *Ciclista no entrenado en velódromo*

Instrumentos

Se utilizaron cronómetros y equipo portátil para la determinación del lactato en sangre capilar (Lactate Plus).

Técnica de análisis

Estudios descriptivos (medidas de tendencia central y de variabilidad), representaciones gráficas y análisis correlacional (tau_b de Kendall y Rho de Spearman) para las variables en estudio. Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 19.

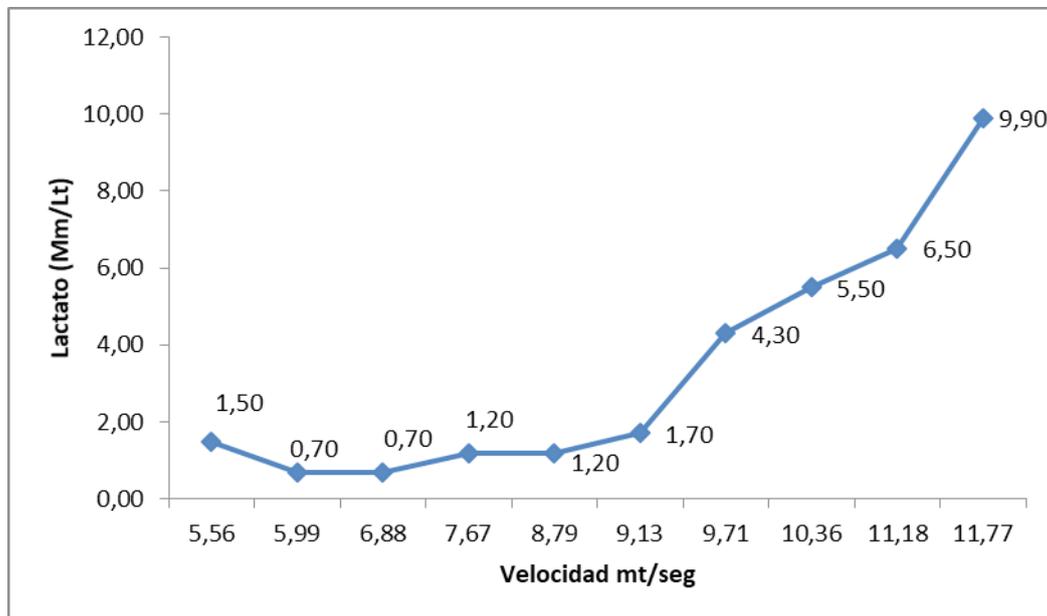
Resultados y análisis.

Tabla 3: Datos obtenidos de la prueba incremental. Promedios y Desvíos estándar.

Repeticiones	Tiempo	Velocidad mt/seg	Lactato (Mm/Lt)	Frecuencia cardíaca (Lat/min)
1	03:00:00	5,56	1,50	98
2	02:47:03	5,99	0,70	101
3	02:25:28	6,88	0,70	112
4	02:10:04	7,67	1,20	114
5	01:54:12	8,79	1,20	132
6	1:49:47	9,13	1,70	139
7	1:43:03	9,71	4,30	158
8	1:36:53	10,36	5,50	158
9	1:29:47	11,18	6,50	173
10	1:24:00	11,77	9,90	180
Promedio	1:43:00	8,70	3,32	136,5
Desvio estandar		2,14	3,12	29,86

En la prueba incremental la media de la velocidad fue de 8,70 mt/seg, 3,3200 Mmol/Lt de lactato y 136,5 lat/min en la frecuencia cardíaca.

Figura 4: Relación de la velocidad (mt/seg) y el nivel de lactato en sangre (mMol/Lt) en la prueba incremental.



Se observa en la figura 4 que en la 7ª repetición se llega a la velocidad del umbral o velocidad a 4 Mmol/Lt (V4).

Tabla 4: Correlación entre el nivel de lactato (mmol/Lt) y FC (lat/min) en la prueba incremental.

			Lactato (mmol/L)	Frecuencia Cardíaca
tau_b de Kendall	Lactato (mmol/L)	Coefficiente de correlación	1,000	,782**
		Sig. (bilateral)	.	,002
		N	10	10
	Frecuencia Cardíaca	Coefficiente de correlación	,782**	1,000
		Sig. (bilateral)	,002	.
		N	10	10
Rho de Spearman	Lactato (mmol/L)	Coefficiente de correlación	1,000	,869**
		Sig. (bilateral)	.	,001
		N	10	10
	Frecuencia Cardíaca	Coefficiente de correlación	,869**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	.
		N	10	10

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

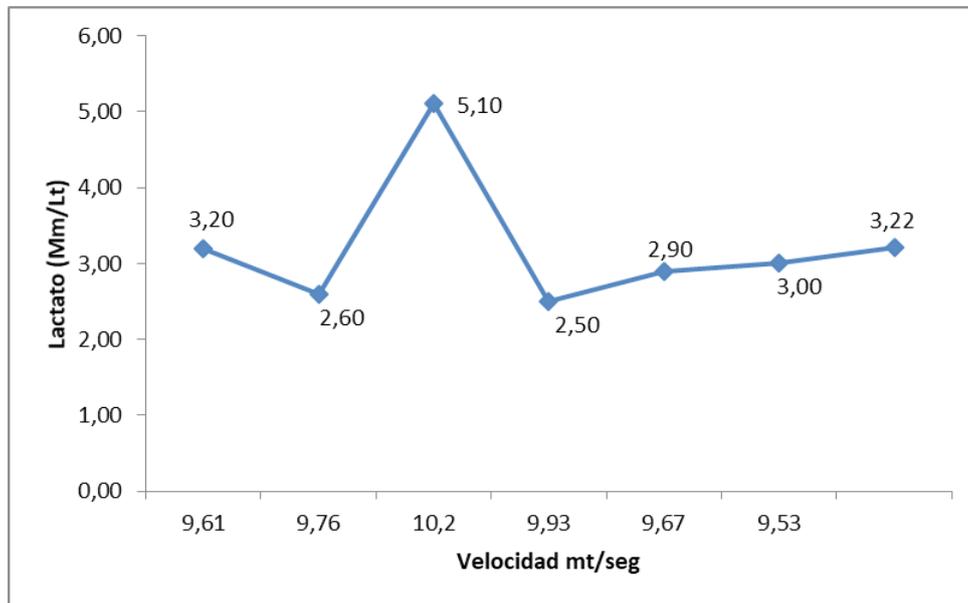
En la tabla 3 se observa las correlaciones de BL con la FC, encontrándose para Kendall un coeficiente de 0,78 (p valor= 0.002), para Spearman un coeficiente de 0,87 (p valor= 0.001). Lo que indica que existe una alta correlación positiva.

Tabla 5: Datos obtenidos en la prueba de IT. Promedios y los Desvíos estándar

Repeticiones	Tiempo	Velocidad mt/seg	Lactato (Mm/Lt)	Frecuencia cardíaca (Lat/min)
1	01:44:03	9,61	3,20	130
2	01:42:41	9,76	2,60	133
3	01:43:28	9,68	No registro	No registro
4	01:38:00	10,2	5,10	142
5	00:41:47	9,86	No registro	No registro
6	1:40:00	9,93	2,50	139
7	01:42:47	9,76	No registro	No registro
8	01:43:41	9,67	2,90	144
9	1:42:00	9,81	No registro	No registro
10	01:44:00	9,53	3,00	146
Promedio	1:43:00	9,78	3,22	139
Desvio estandar		0,19	0,96	6,32

En la prueba en IT la media de la velocidad fue de 9,78 mt/seg, 3,2Mmol/Lt de lactato y 139 lat/min en la frecuencia cardíaca.

Figura 5: Relación de la velocidad (mt/seg) y el nivel de lactato en sangre (Mmol/Lt) en la prueba en IT.



En la figura 5 se observa que en la prueba en IT el lactato se mantiene por debajo de 4Mmol/Lt, salvo el aumento que se evidencia en la 4ª. repetición asociado a un incremento de la velocidad.

Tabla 6: Correlación de la velocidad (met/seg) y el nivel de lactato (Mmol/Lt) en la prueba en IT.

			Velocidad mt/seg	Lactato (Mm/Lt)
Tau_b de Kendall	Velocidad mt/seg	Coefficiente de correlación	1,000	-,200
		Sig. (bilateral)	.	,573
		N	6	6
	Lactato (Mm/Lt)	Coefficiente de correlación	-,200	1,000
		Sig. (bilateral)	,573	.
		N	6	6
Rho de Spearman	Velocidad mt/seg	Coefficiente de correlación	1,000	-,086
		Sig. (bilateral)	.	,872
		N	6	6
	Lactato (Mm/Lt)	Coefficiente de correlación	-,086	1,000
		Sig. (bilateral)	,872	.
		N	6	6

En la tabla 6 se observa a través de las correlaciones de Kendall y de Spearman, que al comparar el BL con la V4 presentan una muy baja correlación negativa de -0,2 (p valor= 0.573) y -0,086 (p valor= 0.82) respectivamente, ambos sin significancia estadística.



Conclusiones.

La V4 de una prueba incremental subestima el nivel de BL mostrando, valores por debajo de 4 mMol/L, inclusive menores de 3mMol/L, durante la prueba de IT en estado estacionario. Solo aumenta a un valor mayor a 4mMol/L cuando se incrementa la velocidad por encima de V4.

Estos resultados están a favor de que el IT en V4 conlleva a errores de subestimación de las intensidades de cargas de trabajo, cuando una velocidad obtenida de un test a velocidad incremental, es aplicada en cargas de entrenamiento a intensidad estable. El IT en V4 podría no ser suficiente para mantener el estrés metabólico durante una prueba de IT.

En lo que respecta a la FC tiene una muy fuerte correlación significativa con el BL en la prueba incremental, pero tiene una muy baja correlación no significativa en IT, por lo que no sería un buen marcador de la intensidad del ejercicio en IT en el ciclista.

A pesar de las conclusiones sugeridas, en relación al estudio realizado con un solo ciclista en virtud de la pandemia por COVID-19, se deberán realizar nuevos estudios con un mayor número de sujetos para obtener una mayor significancia estadística que permitan extrapolar los resultados encontrados.

Referencias.

- Beneke, R., Leithäuser R., (2016, Agosto 24) Maximal Lactate Steady State's Dependence on Cycling Cadence. *Int J Sports Physiol Perform*, volumen 12(3), pp. 304-309. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27249820/>
- Beneke, R., Leithäuser, R., Ochentel, O., (2011, Marzo) Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform*, volumen 6(1) pp. 8-24. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21487146/>.
- Brooks, G., (1985, Febrero) Anaerobic Threshold: Review of the Concept and Directions for Future Research. *Med Sci Sports Exerc*, volumen 17(1), pp. 22-34. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3884959/>
- Brooks, G., (2012, Enero 1) Bioenergetics of Exercising Humans. Review. *Compr Physiol*, volumen 2(1), pp. 537-562. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cphy.c110007>
- Brooks, G., (2018, Abril 3) The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. Review. *Cell Metab*, volumen 27(4), pp. 757-785. Recuperado de <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S1550-4131%2818%2930186-4>
- Brooks, G., (2020, Febrero 9). Lactate as a fulcrum of metabolism. *Redox Biol.* , volumen (35), pp. 101454. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213231720300422>
- Costa, M., Bragada, J., Marinho, D., Silva, A., Barbosa T., (2012, Julio) Longitudinal Interventions in Elite Swimming: A Systematic Review Based on Energetics, Biomechanics, and Performance. Review. *J Strength Cond Res*, volumen 26(7), pp. 2006-2016. Recuperado de https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2012/07000/Longitudinal_Interventions_in_Elite_Swimming___.A.34.aspx.
- Ferguson, B., Rogatzki, M., Goodwin, M., Kane, D., Rightmire, Z., Gladden, B. (2018, Enero 10). Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. *Eur J Appl Physiol*, volumen 118(4), pp. 691-728. Recuperado de: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00421-017-3795-6.pdf>
- Fernandez, E., Romero, O., Merino, R., Alejandro Cañas, A., (2019) Umbral Anaeróbico: problemas conceptuales y aplicaciones prácticas en deportes de resistencia. *Retos*, volumen (36), pp. 521-528. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7260950>
- Fox, E., (1979) Sports Activities and the Energy Continuum. *Sports Physiology* (pp 18-33; 54-81). Philadelphia (Pensilvania) EE.UU: Saunders College Publishing Co.
- Ghosh, A., (2004, Enero). Anaerobic Threshold: Its

- Concept and Role in Endurance Sport. *Malays J Med Sci.*, volumen 11(1), pp. 24–36. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3438148/>
- Gladden, B., (2008, Julio) 200th Anniversary of Lactate Research in Muscle. *Exerc Sport Sci Rev*, volumen 36(3), pp. 109-15. Recuperado de: https://journals.lww.com/acsmessr/Fulltext/2008/07000/200th_Anniversary_of_Lactate_Research_in_Muscle.2.aspx.
- Halestrap, A., Wilson, M., (2012, Diciembre 9). Critical Review. The Monocarboxylate Transporter Family—Role and Regulation. *IUBMB Journals Life*, volumen 64(2), pp. 109-119. Recuperado de: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/iub.572>
- Hall, M., Rajasekaran, S., Thomsen, T., Peterson, A., (2016, Marzo 16) Lactate: Friend or Foe. *PM R.*, volumen 8(3 Suppl), pp. S8-S15. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1016/j.pmrj.2015.10.018>
- Hawley, J., Burke, L., (2000) Técnica de entrenamiento para mejorar la resistencia. *Rendimiento deportivo maximo* pp. 131-171. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Hawley, J., Hargreaves, M., Joyner, M., Zierath, J. (2014, Noviembre 6). Integrative Biology of Exercise. *Cell*, volumen (159), pp. 740- 743. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867414013178>
- Hawley, J., Leckey, J., (2015, Noviembre 9). Carbohydrate Dependence During Prolonged, Intense Endurance Exercise. *Review Sports Med*, volumen 45 (Suppl 1) pp. S5-12. Recuperado de: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40279-015-0400-1.pdf>.
- Hoff, J., Støren, Ø. Finstad, A., Wang, E., Helgerud, J., (2016, Mayo) Increased Blood Lactate Level Deteriorates Running Economy in World Class Endurance Athletes. *J Strength Cond Res*, volumen 30(5), pp. 1373-1378. Recuperado de: https://journals.lww.com/nsca_jscr/Fulltext/2016/05000/Increased_Blood_Lactate_Level_Deteriorates_Running.24.aspx
- Lundby, C., Robach, P., (2015, Julio 1) Performance Enhancement: What Are the Physiological Limits? Review. *Physiology (Bethesda)*, volumen 30(4), pp. 282-292. Recuperado de https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/physiol.00052.2014?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20Opubmed
- Mazza, J., Festa, R., Prieto, S., Cosolito, P., Gurovich, A., (2019, Junio) Lactate Threshold Velocity At 4 mMol/l Does Not Maintain Blood Lactate Levels During Steady State Intensity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(Supplement), p. 325. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/334005980_Lactate_Threshold_Velocity_At_4_mMol_Does_Not_Maintain_Blood_Lactate_Levels_During_Steady_State_Intensity_1251_Board_13_May_30_930_AM_-_1100_AM.
- Mazza, J., Festa, R., Ruffo, L., Cosolito, P., Prieto, S., Gurovich, A., (2018, Mayo) Blood lactate steady-state level sustained during rest time in moderate intensity interval training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, volumen (50), pp. 137-138. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/325636554_Blood_Lactate_Steady_state_Level_Sustained_During_Rest_Time_In_Moderate_Intensity_Interval_Training_650_Board_1_May_30_3.
- Mazza, J., Festa, R., Ruffo, L., Cosolito, P., Prieto, S., Gurovich, A., (2015, Mayo) Comparison of Whole Blood Lactate Values Between YSI 1500 Sports and Lactate Plus. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, volumen (47), pp. 13-14. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/307728494_Comparison_of_Whole_Blood_Lactate_Values_Between_YSI_1500_Sports_and_Lactate_Plus_119_May_27_10
- Messonnier, L., Emhoff, Ch., Fattor, J., Horning, M., Carlson, T., Brooks, G., (2013) Lactate Kinetics at the Lactate Threshold in Trained and Untrained



- Men. *J Appl Physiol* (1985, Junio), volumen 114(11), pp. 1593-1602. Recuperado de: https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl-physiol.00043.2013?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed.
- Olbrecht, J., Madsen, O., Mader, A., Liesen, H. And Hollmann W. (1985, abril) Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *Int. J. Sports Medicine*, volumen 6, pp. 74-77. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4008143/>
- Peidro, R., Casabé, H., de Dios, A., Franchella, J., Giniger, A., Lerman, J., Oscar Mendoza, O., Pesce, R., Ramos C., Sánchez, R., Stutzbach, P. y Villamil, A. (2013, Octubre). Recomendaciones para la Participación en Deportes Competitivos en Personas con Anormalidades Cardiovasculares. *Rev Argent Cardiol*, volumen 81(Suplemento 3), pp. 1-63. Recuperado de <https://www.sac.org.ar/consenso/recomendaciones-para-la-participacion-en-deportes-competitivos-en-personas-con-anormalidades-cardiovasculares/>
- Richardson, R., Noyszewski, E., Leigh, J. y Wagner. P. (1998, Agosto 1). Lactate efflux from exercising human skeletal muscle: role of intracellular PO₂. *J Appl Physiol* (1985), volumen 85(2), pp. 627-634. Recuperado de <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappl.1998.85.2.627>
- Rønnestad, B., Mujika, I., (2013, Agosto 5). Optimizing Strength Training for Running and Cycling Endurance Performance: A Review. *Scand J Med Sci Sports*, volumen 24(4), pp. 603-612. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/sms.12104>.
- San-Millán, I., Brooks, G., (2017, Junio 16) Assessment of Metabolic Flexibility by Means of Measuring Blood Lactate, Fat, and Carbohydrate Oxidation Responses to Exercise in Professional Endurance Athletes and Less-Fit Individuals. *Sports Med*, volumen 48(2), pp. 467-479. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-017-0751-x>
- Santos-Concejero, J., Granados, C., Bidaurreaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., Irazusta, J., Gil, S., (2013) Onset of blood lactate accumulation as a predictor of performance in top athletes. *Retos*, volumen (23), pp. 67-69. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3457/345732289013.pdf>
- Sjödín, B. y Jacobs, I., (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Medicine*, volumen 2, pp. 23-26. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7333732/>
- Wilmore, J. y Costill, D., (2010). *Metabolismo, energía y sistemas básicos de energía. Fisiología del esfuerzo y del deporte* (pp. 132-134; 133-138). Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Wilmore, J., Costill, D., (1995) *Introducción a la fisiología del esfuerzo y del deporte*. Fisiología del esfuerzo y del deporte (pp. 17-19). Barcelona, España. Editorial Paidotribo.