PubliCE, (PubliCE) 2015

Article

Determinación del Umbral de Lactato en Triatletas: Aplicaciones Para el Entrenamiento

Ricardo Chambers

Profesor de Ed. Física (UNLP). Especialista en programación y evaluación del ejercicio (UNLP)

02241-15584779
chambers16ar@yahoo.com.ar

RESUMEN

La determinación del umbral de lactato (UL) en deportistas de resistencia es muy importante para poder conocer su nivel de rendimiento y a su vez controlar las cargas de entrenamiento. Mediante el análisis de la fisiología del lactato y su relación con el ejercicio de alta intensidad, se analizarán los fundamentos teóricos del test, como también de las adaptaciones fisiológicas de los deportistas. Se ha diseñado un test de umbral de lactato en campo para triatletas (sector ciclismo sin drafting), con la intención de que el mismo se desarrolle en condiciones lo más parecidas posibles a las de competencia y entrenamiento de los deportistas; tales como su bicicleta, lugar geográfico, condiciones ambientales y cadencia en la que se encuentran más cómodos o con la que compiten, entre otros. Este test es de gran utilidad para conocer el nivel de rendimiento del triatleta y luego adecuar los entrenamientos a las necesidades del mismo. Un test desarrollado sobre la bicicleta que utiliza habitualmente, implica que la eficiencia mecánica no esté condicionada. También tiene la ventaja de que el ciclista lleva a cabo el test en su lugar de entrenamiento, al cual el mismo ya está adaptado a las condiciones ambientales. Estas son algunas de las ventajas, de un test de campo, que previo al desarrollo del mismo considero. Estos puntos serán analizados una vez finalizadas las evaluaciones pudiendo realizar un trabajo con conclusiones basadas en los resultados y contrastadas con la bibliografía científica disponible.

Palabras Clave: Metabolismo del ácido láctico, ciclismo, estado estable, frecuencia cardíaca, percepción subjetiva del esfuerzo

OBJETIVOS:

- Diseñar un test de umbral de lactato en campo para triatlón (fase de ciclismo).
- Corroborar que por medio del test se puede determinar el nivel de rendimiento del deportista evaluado, sin la necesidad de hacerlo en laboratorio.

INTRODUCCION

En la especialidad estudiada, triatlón durante la fase de ciclismo, el sistema energético que predomina es aeróbico. Es imprescindible para un buen rendimiento en competencia, como también para el buen desarrollo del entrenamiento, determinar en qué intensidad el deportista encontrará su umbral de lactato. En la fase de ciclismo durante un triatlón sin drafting la producción de ácido láctico tendrá que ser baja o lo suficientemente "controlada" por el deportista, mediante la intensidad de pedaleo, para no exceder el umbral. Evitando un incremento de fatiga irreversible.

La disminución del pH muscular y sanguíneo provoca un aumento en la concentración de lactato, perturbando el estado ácido-base. La determinación del UL ofrece importante información para evaluar el rendimiento, para llevar a cabo la preparación funcional de los deportistas y con esto poder modificar el momento en que se encuentra dicho umbral. De esta forma correlacionando UL con otros parámetros medibles se podrá establecer si el rendimiento del deportista evaluado es el esperado.

El test está pensado para realizarlo sin potenciómetro, con lo cual, es de mayor acceso para gran cantidad de deportistas y entrenadores, que por cuestiones diferentes no tienen tal equipamiento en su bicicleta. Se buscó desarrollar una evaluación que sea lo más sencilla posible y que a su vez tenga validez para medir el UL. El material necesario será el analizador portátil de lactato, la bicicleta del deportista con velocímetro, el medidor de ritmo cardíaco, cronómetro y planillas de anotaciones previamente elaboradas.

Benavent Mahiques, J.; Sainz, S; Ferreira, L.; y Pablo Monzó, A. realizaron un estudio (*Test de Campo para la estimación del Umbral Anaeróbico en ciclistas, basado en incrementos de intensidades discontinuas.*Universidad de Valencia.) en el que se contrasta un test de campo de intensidades crecientes discontinuas, con un test de laboratorio elaborado por Wasserman (1991), comprobando que la correlación con lactato fue estadísticamente significativa en casi todos los parámetros estudiados; por ejemplo en las mediciones de UL en laboratorio y UL en campo fue de r=0,878. La intención de este estudio también estuvo orientada a poder realizar pruebas de campo válidas que indiquen valores de lactato relacionados a parámetros fisiológicos, para luego concluir acerca del rendimiento del ciclista.

Los resultados deportivos estarán directamente relacionados con el control de las intensidades de trabajo y el umbral de lactato, ya sea en el diseño de los entrenamientos como durante una competencia; cuando mayor es la distancia, más estará implicada esta relación entre intensidad "controlada" y rendimiento. Por ejemplo en pedestrismo, en maratón, el resultado está muy estrechamente vinculado, mediante dependencia correlativa, con el umbral de lactato (r=0,98). La correlación más alta entre la velocidad de la carrera con la FC del UL y el resultado de las competiciones se observa en la carrera de una hora (r=0,99). Esto demuestra que para un corredor la FC promedio durante la carrera competitiva de una hora corresponderá al valor de FC de UL (Victor Sergeyevich Mishchenko, 2001). Esto corrobora que en deportes de resistencia es imprescindible el control de la intensidad correlacionando diferentes parámetros fisiológicos con la lactacidemia.

1. METABOLISMO DEL ACIDO LACTICO

A través de las distintas investigaciones relacionadas con la dinámica del AL se han ido cambiando los preconceptos a cerca de su rol a nivel del metabolismo celular. De ser una "sustancia de desecho nociva", ha pasado a conocerse que es un combustible de gran protagonismo en el metabolismo energético. Es una fuente energética decisiva en la preservación de la carga de glucógeno y en los procesos de gluconeogénesis en el músculo y en el hígado.

El incremento de la lactacidemia en sangre para una determinada masa muscular activa e intensidad de estimulación, estará directamente relacionada a la duración de la actividad. La liberación neta de AL del músculo a la sangre estará determinada por la masa muscular activa y la intensidad de la activación de los músculos. Habrá diferentes variaciones dependiendo de los tipos de fibra, capacidad de transporte del lactato, flujo de sangre y su distribución, influido especialmente por el nivel de entrenamiento del deportista.

Cuando la demanda energética es incrementada, el trabajo muscular no puede abastecerse únicamente por el metabolismo oxidativo y es necesario que la producción de energía sea apoyada por mecanismos metabólicos más rápidos (glucólisis), pero con la consecuencia de mayor conversión de moléculas de piruvato a ácido láctico, denominado como turnover de lactato. Actuarán un mayor porcentaje de fibras musculares de tipo IIa y IIb (rápidas e intermedias) las cuales poseen menos cantidad de piruvatodeshidrogenasa (PDH) y menor actividad oxidativa debido a un bajo contenido de enzimas oxidativas del Ciclo de Krebs y una menor cantidad de mitocondrias por célula muscular. Se generarán en el citosol de la

célula muscular, lactato y gran cantidad de moléculas de H+, siendo taponadas, estas últimas, por el sistema amortiguador HCO3; produciéndose un aumento del CO2, el cual demandará una mayor frecuencia respiratoria y cardiovascular (Figura 1).

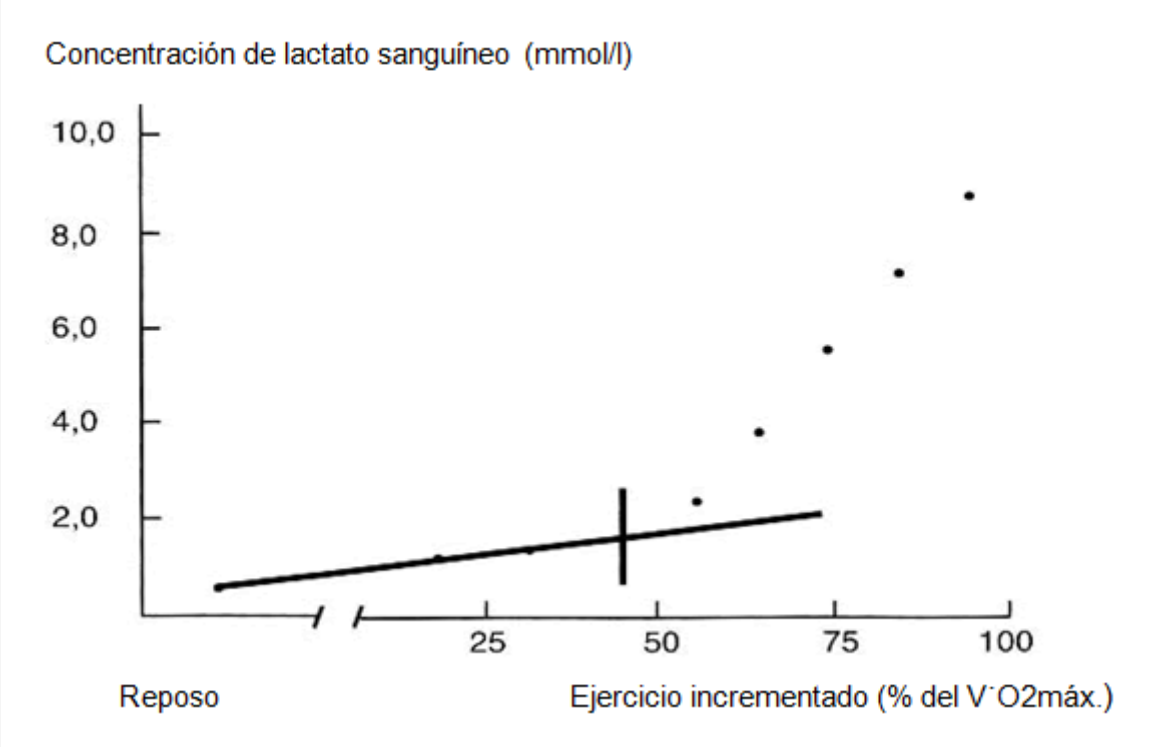


Figura 1: *Evolución de la concentración de ácido láctico sanguíneo durante un ejercicio incrementado. El aumento repentino de lactato se llama "umbral láctico" (línea vertical).*
(Billat V. 2002).

El lactato se acumulará en sangre durante un ejercicio intenso cuando el desarrollo de la glucólisis sea más rápido que la capacidad de la mitocondria de metabolizar piruvato. Al mismo tiempo, el NADH + H no podrá ser reoxidado por la lanzadera de protones de la membrana mitocondrial. En este momento la producción de AL a partir de piruvato, se verá incrementada aumentando el mismo a nivel sanguíneo, producto de desequilibrio entre la tasa de producción y reutilización del mismo por otros tejidos (músculos inactivos, hígado o corazón).

El *Clearence* de lactato (tasa de aclaramiento del AL) a través de la oxidación es de un 50% aproximadamente en reposo. El mismo se incrementa absoluta y relativamente en ejercicio de tal modo que el 75% del AL puede ser reoxidado. Los músculos esqueléticos, cardíaco y el hígado participan en la remoción del lactato durante el ejercicio (Billat, V´eronique L., 2003.). Otros investigadores coinciden con estos porcentajes. “Aproximadamente el 75% del lactato producido será reutilizado como fuente energética por los músculos y el 25% restante será utilizado por el hígado para sintetizar glucosa en el ciclo de Cori” (Figura 2).

Figura 2. *Ciclo de Cori.*
(Brooks,1988 Sports Science Exchange, publicación mensual del Gatorade Sports Science Institute. Vol. 1. 1988).

El mecanismo que actuará para la liberación de lactato a otros órganos no involucrados directamente en el ejercicio es el "*shuttle* de lactato", por medio del cual, el AL es removido a tejidos anatómica e histológicamente diferentes, brindando una fuente significativa de sustrato oxidable y como precursor neoglucogénico. Por lo tanto, el AL se constituye en un medio para la movilización y distribución de una fuente de energía potencial. La utilización de lactato provee una fuente para mantener la homeostasis de la glucosa sanguínea y un efecto "alcalinizante" sobre el estado ácido-base.

La actividad adrenogénica, incrementada en ejercicios de alta intensidad, trae aparejada la vasoconstricción en el hígado, con la consecuente disminución del flujo sanguíneo en este órgano, el cual tiene la función de llevar a cabo la glucogénesis. Esto conduce a la reducción de la remoción del AL a través de glucogénesis y de aquí a la desaparición; en este caso la contribución del Ciclo de Cori a la producción de glucosa a partir de AL estará colapsada.

La remoción de lactato en trabajos físicos de intensidades lineales, está directamente relacionada con el nivel de VO_2 máx. del deportista (figura 3). En actividades de intensidades menores al 50% del consumo de oxígeno, la producción-remoción de AL es similar a la de reposo. La concentración de lactato arterial en estado estable (50%-75% VO_2 máx. .) es igual al porcentaje del turnover de lactato en sangre. Cuando el ejercicio se incrementa por encima de este porcentaje de consumo de oxígeno, el turnover se eleva a valores de 35 a 75ml/kg/min tanto para individuos no entrenados, como para entrenados respectivamente.

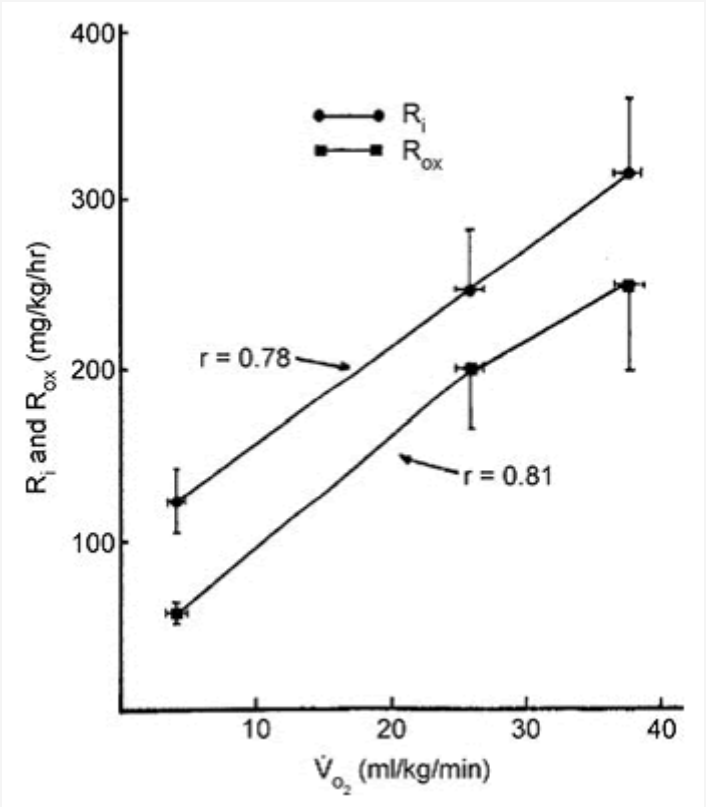


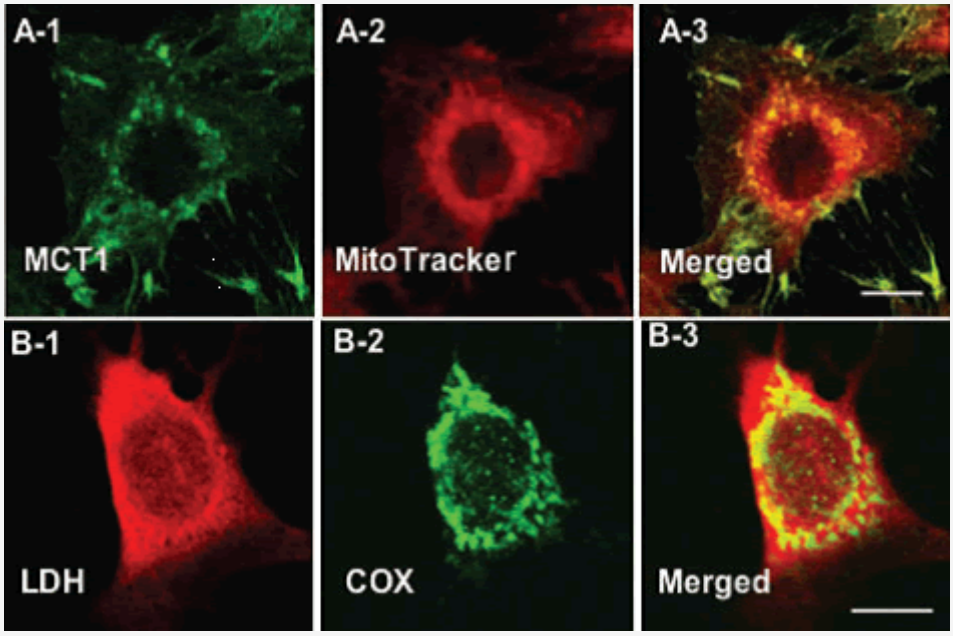
Figura 3. *Tasas de producción y remoción de Lactato en relación al VO_2 Máximo.*
Porcentajes de desaparición de lactato (Ri) y oxidación (Rox) están graficados proporcional al consumo de O2 (VO2) en 6 personas durante reposo y en ejercicio dando como resultado 50 y 75% del VO2max. Los valores son ± S.E.M. extraídos de Mazzeo et al. (1986).

El *turnover* es un mecanismo muy importante en el aclaramiento de AL y proporciona un medio para las interacciones que actúan entre el nivel de eliminación, la concentración sanguínea de lactato y el flujo sanguíneo. Si la actividad se ve incrementada en intensidad, el *turnover* se verá superado en la relación producción-remoción y por lo tanto el *clearence* de lactato será superado por la concentración elevada en la circulación sanguínea. En ejercicios en los que se llega a mantener la intensidad, el estado estable del lactato se logrará luego de transcurridos unos diez minutos, pero si la carga de trabajo se mantiene constante se llegará a un punto de máximo estado estable de lactato (MLSS) (Veronique L. Billat,1,2 Pascal Sirvent,3 Guillaume Py,3 Jean-Pierre Koralsztein2 and Jacques Mercier, 2003), el cual variará de atleta a atleta según su nivel de entrenamiento. El tiempo en este punto máximo depende del grado de la elevación del lactato y se ha comprobado, en un test incremental, que desde los 2 a 5 minutos, se podrá mantener una hora aproximadamente dependiendo de la carga de trabajo (Freund H, Oyono-Enguelle S, Heitz A, 1986). Este punto es determinante para la performance en deportes de resistencia ya que si se supera la intensidad (90% VO_2 máx. . aproximadamente) en la cual se llegó al mismo o si se mantiene la intensidad en el tiempo, los mecanismos de reconversión y aclaramiento del ácido láctico serán superados, dejando de haber un máximo estado estable, superando el UL. Cada deportista tendrá una intensidad individual en el que se producirá un aumento significativo de lactato, intensidad en la que se encontrará el UL, imprescindible de correlacionar con parámetros detectables para el “control” de cargas de trabajo.

Las concentraciones lácticas y los niveles de consumo de oxígeno sitúan el triatlón al 80% del consumo máximo de oxígeno o, de manera más precisa, al nivel del "estado estable máximo (MLSS) de la lactacidemia del triatleta". (Billat Véronique, 2002).

Se ha demostrado que la lactacidemia elevada asociada con un demanda de oxigeno también elevada, en la misma carga de trabajo absoluto, podría ser explicada por la limitación de trabajo en la actividad de las enzimas limitantes, fosforilasa y PDH (Parolin ML, Spriet LL, Hultman E, 2000), (Stainsby WN, Brechue WF, O’Drobinak, 1991). La aumentada concentración de lactato tiene efectos no favorables para mantener el ritmo metabólico sobre algunas enzimas del metabolismo energético, al bajar el Ph aumentarán las concentraciones de lactato y se inhibirán la enzimas PFK, ATPasa, CPK, PDH. También tendrá un efecto negativo aumentando la necesidad de liberar Ca+, afectando el transporte de O2 y produciendo una reducción de la utilización de ácidos grasos libres como fuente energética (Brooks, 1985).

Por muchos años se pensó que el lactato era simplemente un difusor a través de la membrana del sarcolema, sin embargo las investigaciones de los últimos años han demostrado que la remoción y eliminación del lactato fue facilitada por una proteína que está adherida a la membrana sarcoplásmica, denominada MCT (Figura 4).



George A. Brooks 2009.

Figura 4. *Imágenes inmunohistoquimicas que demuestran algunos componentes del complejo de oxidación del lactato en células musculares entrenadas L6.*

Este complejo involucra al constituyente citocromo oxidadsa mitochondrial (COX), el transporte lactato-piruvato por la proteína (MCT1), lactato deshidrogenasa (LDH) y otros constituyentes. Una co-localización de MCT1 y del retículo mitocondrial. MCT1 fue detectado en el sarcolema y con dominio intracelular (A1). Usando la genasa (LDH) y otros componentes. La localización de MCT1 y Mito Tracker, el retículo mitochondrial fue extensivamente elaborado y detectado en dominios intracelulares a través de las células L6 (A2).

Cuando la señales de las pruebas del transportador de lactato (MCT1, verde A1) y la mitocondria (roja, A2) se mezclaron, la superposición de la señales (amarillo) mostraron co-localización de MCT1 y componentes del retículo mitocondrial, particularmente en los dominios de las celular perinucleares (A3). B, lactato deshidrogenasa (LDH) (B1) y citocromo oxidasa mitochondrial (COX) (B2) se aprecia en las imágenes. La superposición de signos de LDH (rojo, B1) y COX (verde B2) muestran la co-localización del LDH del retículo mitocondrial (amarillo) de las células musculares L6 entrenadas (B3). Profundidad de campo ~1 μm, escala de la barra = 10 μm. Extraído de Hashimoto *et al.* (2006) con autorización de la American Physiological Society.

Los monocarboxilatos tales como el lactato y el piruvato juegan un rol central en el metabolismo celular y en la comunicación metabólica entre tejidos. Es esencial para estos roles el transporte rápido a través de la membrana plasmática que es catalizada por una familia de protones ligados al MCT5. Nueve secuencias relacionadas con el MCT han sido hasta ahora identificadas en mamíferos, cada una con diferente distribución de tejidos; MCT1 se destaca especialmente en el corazón y en los músculos rojos donde está regulada en respuesta al trabajo incremental, teniendo un rol muy importante en la oxidación del lactato.

En contraste el MCT4 tiene mayor protagonismo en células con importantes porcentajes glucolíticos tales como las células blancas (fibras musculares tipo II), teniendo un importante rol en el flujo del AL. La afinidad del MCT1 (km= 5mmol/l) (Figura 5) para el lactato es mayor que la del MCT4 (km=20mmol/l) es correlativa con la actividad enzimática mitocondrial de la síntesis de citrato. El transporte hacia el interior, para la oxidación en los músculos esqueléticos, parece ser catalizado por el MCT1 (Figura 6), mientras que la expulsión de este de las fibras glucolíticas puede ser mediado por el MCT4. El rol principal del MCT4 es defender el PH intracelular en tejidos glucolíticos por la expulsión del lactato y el H+ a los intersticios. El MCT2 está menos involucrado y parece estar asociado con tejidos que demuestran un

alta toma de lactato y piruvato tales como el hígado y el riñón (Glucogénesis). La existencia de MCT en la membrana mitocondrial sugiere que estas MCTs mitocondriales no están solamente involucradas en el transporte de piruvato y cuerpos cetónicos sino que también están relacionadas al transporte de lactato. (Billat, V´eronique, 2003).

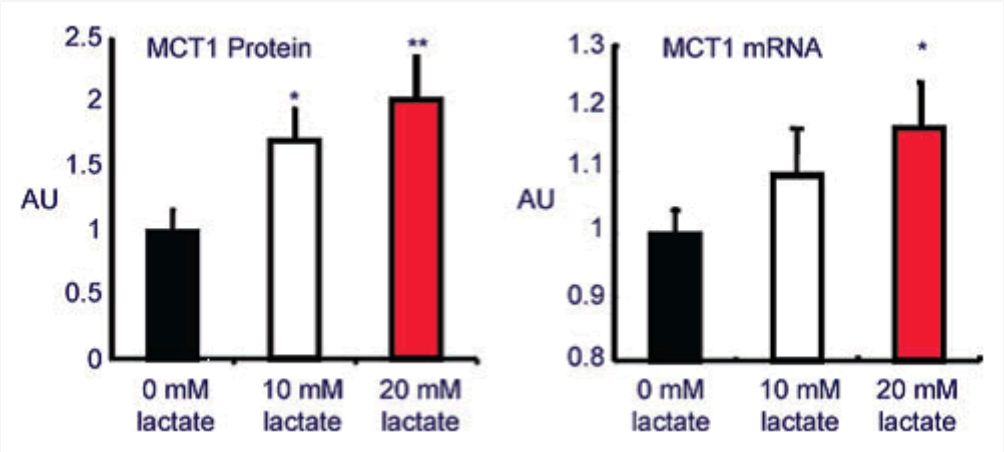
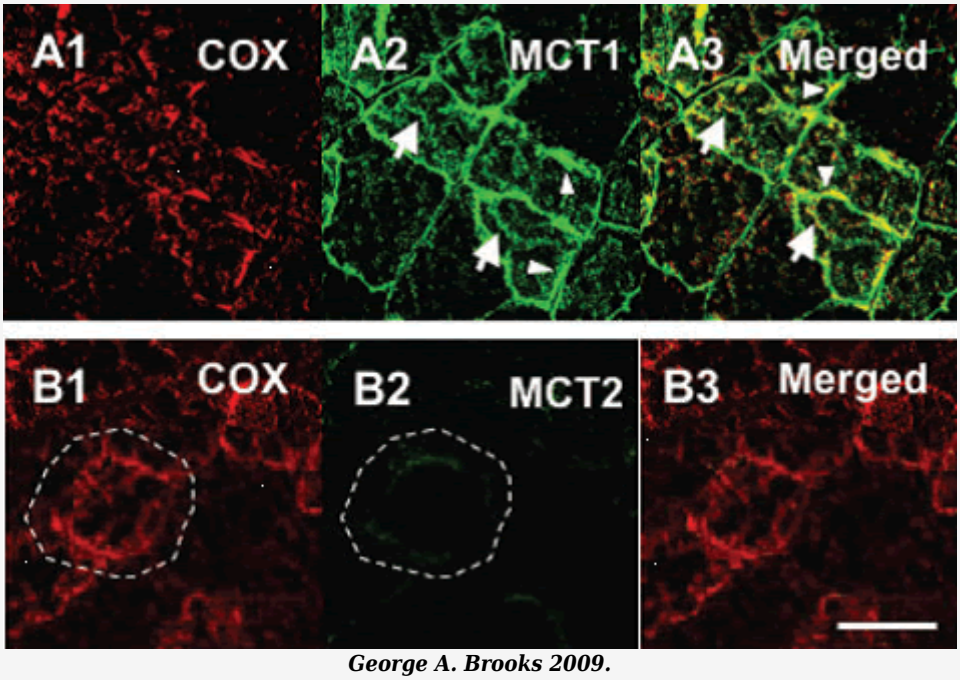


Figura 5. *George A. Brooks 2009. MCT1 transportador (A), y niveles de proteína (B) en celdas L6 luego de una hora de incubación a los niveles (lactato) indicados.*

Es aparente una Buena correlación entre el transportador y niveles de proteína. Niveles de proteína determinados por Western blotting and mRNA de RT-PCR. Datos de Hashimoto *et al.* (2007).



George A. Brooks 2009.

Figura 6. *Localización de transportadores de lactato MCT1 y MCT2 en el reticulo mitochondrial (COX) en el músculo plantar de ratas adultas, usando microcoscopio laser de escaneo confocal (CLSM) y sondas fluorescentes para las proteínas respectivas.*

Las comparaciones para MCT1 se muestran en la primera fila (A1-A3) y para MCT2 en la segunda fila (B1-B3). La localización de COX fue detectada en los músculos plantares de rata (A1 y B1) MCT1 fue detectado a través de células que

están dentro del sarcolema (cabeza de flechas) y dominios interfibrilares (flechas) (A2).

La abundancia de MCT1 fue mayor en las fibras oxidativas cuando COX es abundante y la señal fuerte cuando estas MCT1 (verde) y COX (roja) se unían. La superposición de las sondas era clara (amarilla) un hallazgo prominente en las interfibrilares (flecha) así como en los interiores del sarcolema de la células (cabeza de flecha A3)

En contraste las señal para MCT2 (B2) era débil, relativamente mas notable en fibras denotadas por un fuente marcado para COX (B1 y B3, las líneas quebradas están delineadas alrededor de las fibras oxidativas para distinguir la señal débil para MCT2). La superposición de MCT2 y COX es insignificante, mostrada por la ausencia de amarillo en B3.

Escala de la barra = 50 μm. Las secciones son del mismo animal. Obtenidas de Hashimoto *et al.* (2005).

2. UMBRAL DE LACTATO

Cuando se habla de umbrales en la realización de trabajos físicos en los que predomina el suministro de energía por medio del metabolismo aeróbico, es necesario aclarar la diversidad de conceptos ya que distintos investigadores establecieron momentos de quiebre, denominando dos Umbrales uno "anaeróbico" (W. Hollmann, 1961 y K. Wasserman, 1964) y otro "aeróbico".

Por umbral anaeróbico los investigadores entendían el momento en el cual comienza a desarrollarse acidosis metabólica, un cambio importante que produce la modificación de varios índices fisiológicos al incrementar la intensidad del trabajo físico.

Actualmente se han formado los siguientes conceptos sobre los puntos de quiebre en el sistema energético con predominio aeróbico; un primer cambio e incremento de los milimoles de lactato en sangre, momento que antiguamente se denominaba como "umbral anaeróbico" (K. Wasserman, 1973), y que luego se denominó "umbral aeróbico" (W. Kindermann, 1979). En este punto algunos investigadores establecen como valor de lactato en sangre un valor aproximado de 2 mMol/l. Otros investigadores sostienen que es más acertado hablar de porcentajes con respecto al valor de reposo. Por lo tanto en este momento el valor de ácido láctico, sería el doble del valor de reposo del deportista evaluado.

Actualmente este punto es señalado como "primer umbral anaeróbico" (UAn1) (Victor Sergeyevich Mishchenko, Vladimir Dmitriyevich Monogarov, 2001). Aunque la mayor parte la bibliografía al respecto sigue utilizando el concepto de "umbral aeróbico" debido a que no se percibe un aumento notable del metabolismo "anaeróbico". Con el incremento de la carga de trabajo se produce un segundo "quiebre", un aumento significativo del ácido láctico. Punto en el cual, algunos investigadores sostienen que, el valor en sangre de lactato será aproximadamente de 4 mMol/l y lo denominaron "umbral anaeróbico" (UAn2) o "umbral anaeróbico auténtico". Punto en el cual se da el paso del abastecimiento energético con predominio "aeróbico" al abastecimiento energético con predomino "anaeróbico"; es la zona en que se pasa por el UL (W. Kindermann, 1979; Skinner, T. McLellan, 1980, y otros).

Otro de los términos utilizados para este momento fisiológico es "umbral de ventilación" (Wasserman & Mcllroy) momento en el que se percibe por apreciación un incremento no lineal de la ventilación pulmonar y la elevación de la frecuencia respiratoria, que refleja ese incremento no lineal.

Siguiendo estos conceptos, es posible plantear zonas de entrenamiento de acuerdo a diferentes parámetros fisiológicos entre los que se destaca el UL; en las mismas habrá naturalmente diferentes respuestas metabólicas durante el tránsito "aeróbico-anaeróbico", que se diferencian no solo por el comienzo de la participación de los procesos anaeróbicos, sino también por el tipo de metabolismo y por el tipo de respuesta circulatoria. Estos datos demuestran que no solo se pueden establecer dos umbrales en el trabajo físico y su respuesta fisiológica, sino también niveles o zonas intermedias de entrenamiento, individualizadas para cada deportista.

El término que se utilizará para denominar este momento es el de "Umbral de Lactato" (UL), el cual hace referencia como ya se mencionó al incremento intensivo de la concentración de lactato, elevando el lactato en la sangre arterial (producto de un elevado protagonismo de la glucólisis en el aprovisionamiento energético). Se produce el descenso del pH y el aumento de la concentración de H en sangre. En este punto, el nivel de lactato en sangre será de entre 4 y 6 mM/l aproximadamente o un valor de lactato que será aproximado al 100-150% del valor de reposo. Es importante diferenciar que cuando se establecen porcentajes se tiene en cuenta, para determinar el umbral, el valor de lactato de reposo del deportista, como también la respuesta fisiológica de cada sujeto al ejercicio. Esto no sucede cuando se establecen valores fijos.

Ha sido demostrado que el MLSS y el UL de los deportistas se produce a un amplio intervalo de lactacidemia, que puede ir de 2 a 8 mMol. Esto nos indica el amplio margen en el cual se encontrará el UL, que dependerá de varios factores y de las condiciones del deportista evaluado.

Mediante trabajos en los que predomina la calidad del entrenamiento planificado éste umbral podrá ser modificado (40-50%); el mismo podrá ser "desplazado" a la derecha si se lo observa graficado y correlacionado con la intensidad. Por ejemplo, luego de realizar un plan de entrenamiento de una duración determinada, el deportista podrá ejercer mayor potencia sin llegar a tener valores de lactato próximos al umbral. El valor de VO_2 máximo, será modificado también con entrenamientos adecuados (25-30%) pero no tanto como el valor del UL, con el mismo incremento del VO_2 máx. . el progreso del deportista en cuanto a UL supera habitualmente al progreso asociado a umbral de ventilación.

En diferentes investigaciones se compararon los resultados de los cambios del VO_2 máx. y el UL (K. Azhitski, 1990). Después de 1 a 20 semanas de entrenamiento, con una intensidad de las cargas de del 52% al 125% del VO_2 máx. . el UL se modificó entre 2% a 39%.

En cuanto a los valores de UL y frecuencia cardíaca, J.S. Skiner, T. McLellan (1980), establecieron que al 90 – 94% del valor de frecuencia cardíaca máxima del deportista, se encontrará el UL. A esta intensidad se corroboró que en ciclistas cualificados el consumo de oxigeno es de 83,1+/-2,5% del VO_2 máx.

Víctor Sergeyevich Mishchenko, Vladimir Dmitriyevich Monogarov (2001) exponen una comparación para determinar el nivel del deportista correlacionando porcentaje de consumo máximo de O2 y UL; establecen tres niveles de rendimiento:

Hombres

Nivel bajo: 43% del VO_2 máx. Nivel medio: 50-58% del VO_2 máx. Nivel alto: 66% del VO_2 máx.
Mujeres

Nivel bajo: 36% del VO_2 máx. Nivel medio: 45-50% del VO_2 máx. Nivel alto: 58% del VO_2 máx.

Eduard Coyle ha desarrollado un método para determinar la producción de potencia a la cual se produce un incremento en la lactacidemia de 1 mMol por encima de una línea de base, la cual se encontraría en valores de lactacidemia que coinciden entre el 40% y 60% del VO_2 máx. dependiendo del nivel de entrenamiento del deportista evaluado.
Estos datos son de gran importancia en el momento del análisis de la evaluación del deportista, ya que son una base teórica que permitirá diagnosticar el estado de forma del mismo.

Como se mencionó anteriormente, diferentes parámetros fisiológicos se pueden relacionar con UL. Se puede correlacionar el UL con porcentaje de FC máx. para de esta forma tener más control de las cargas de trabajo e individualizar el mismo. Con mayor edad del deportista la frecuencia cardíaca máxima será menor, esto no quiere decir que el deportista baje el rendimiento, sino que tendrá mayor economía a nivel cardiovascular con lo que el UL estará a menores valores de frecuencia cardíaca (por ejemplo: si los deportistas cualificados en carreras de fondo logran el nivel de UL con una FC de 170 lat/min.; deportistas jóvenes de 13-14 años consiguen el UL a una FC más elevada, una media de 180-184 lat/min. en varones y niñas). El porcentaje de FC máx. en el que se encuentra el UL no variará demasiado ni con la edad ni con el entrenamiento y lo encontraremos siempre, como se mencionó anteriormente, en valores aproximados al 90-94% de la FC máx.; zona en la cual se observó mayor rendimiento económico.

Estos porcentajes equivalen a un valor de 6-7 puntos en la escala (0 a 10) de percepción subjetiva del esfuerzo (PSE), (Tabla 1), (Ahumada Facundo, 2010). Con lo cual en un test de UL se tendrá que tomar en cuenta la PSE del deportista en cada estadio de la prueba.

Tabla 1. *Escala de 0 a 10. Percepción subjetiva del esfuerzo (PSE).*

Valor	Expresión Verbal
0	Reposo
1	Muy Suave
2	Suave
3	Moderado
4	Algo Duro
5	Duro
6	
7	Muy Duro
8	Muy muy duro
9	Cerca del máximo
10	Máximo

3. TEST DE UMBRAL DE LACTATO

Como se mencionó anteriormente uno de los objetivos luego de realizar el test, es demostrar que es válido para determinar el nivel de rendimiento del deportista en los diferentes momentos del ciclo de entrenamiento en que se quiera evaluar.

De acuerdo a esto se puede decir, en general, que si el UL se encuentra en las primeras cargas del test, a intensidades bajas, sin que el deportista pueda tolerar las cargas siguientes (2°,3° carga), el mismo tendrá un rendimiento bajo. Por lo contrario si el UL se encuentra en cargas de alta intensidad (4° carga o mayores), el deportista se encontrará con un rendimiento óptimo. Vale aclarar que cada resultado se tendrá que analizar de diferente forma, tomando en cuenta todos los indicadores o parámetros posibles, en base al nivel del deportista evaluado.

Las cargas establecidas en el test son de intensidades tolerables para deportistas que tengan por lo menos un par años de entrenamiento acumulado, ya que se establecieron en base a trabajos estudiados, los cuales estaban realizados con ciclistas profesionales o de un rendimiento elevado (Pons Jordi, "**¿Cuántos Vatios? ¿Cuánta Potencia".**www.revistaciclismoenruta.com.) **(**Benavent Mahiques, J.; Sainz, S; Ferreira, L.; y Pablo Monzó, A. **Test de Campo para la estimación del Umbral Anaeróbico en ciclistas, basado en incrementos de intensidades discontinuas.** Universidad de Valencia. www.cienciadeporte.com. Asociación española de ciencias del deporte).

El test elaborado no tiene la intención de reemplazar una prueba de laboratorio orientada a medir los mismos parámetros fisiológicos, debido a que en la prueba de campo se tienen en cuenta otros aspectos, señalados anteriormente.

Existen diferentes formas de determinar el Umbral de Lactato, podemos encontrar test directos (invasivos) e indirectos. Los primeros requieren de una pequeña muestra de sangre, que se introduce mediante una tira reactiva en un analizador, el cual analizará la muestra e informara de los milimoles de lactato en sangre; y los indirectos utilizaran variaciones en los valores de frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y percepción subjetiva del esfuerzo. En los métodos indirectos los índices más difundidos son la ventilación pulmonar y la frecuencia cardíaca.

En los métodos de evaluación directos, los datos obtenidos se expresan gráficamente y luego se determina el punto umbral mediante diversas operaciones de cálculo (regresión lineal, función exponencial, polinomio de tercer grado y ángulo de elevación de la curva de 45°, aumento lineal de la rapidez de formación de lactato, crecimiento lineal del grado de incremento del lactato y evaluación visual).

Otros métodos utilizan la apreciación de la potencia de la carga (el consumo de O2) con un equivalente mínimo, fijado como la correlación entre el consumo de O2 y la concentración de lactato.

En los métodos directos se realiza un aumento escalonado de la carga con un interrupción mínima (30 segundos) en la cual se realiza la extracción de la muestra de sangre para ser analizada. En carrera ese aumento escalonado será de 0,1 a 0,3 m/seg.; en natación en un método que utiliza escalones de 300 metros de recorrido, el aumento de la carga se da con la reducción del tiempo, para la distancia, de 15 segundos. En ergómetro o ciclismo la potencia inicial será de 15 a 50 watts y el incremento por escalón será de 8 a 30 watts/min. dependiendo del nivel del deportista evaluado. La carga se escoge de

tal manera que la potencia del umbral de lactato se alcance no antes de los 10-12 minutos y el rechazo al trabajo se produzca no antes de los 20 minutos. La duración de los escalones será de entre 60 segundos a 4 minutos. La carga en la cual se percibe el umbral tendrá que ser entre la 3ra y 5ta (Victor Sergeyevich Mishchenko, Vladimir Dmitriyevich Monogarov, 2001).

El entrenador o evaluador tendrá que disponer los tiempos de duración de escalón, como también de la duración total del test y el aumento progresivo de la intensidad (watts, kg, velocidad, etc.) que más se adecue a el tipo de deportista evaluado, acorde también a la disciplina o especialidad deportiva que práctica; teniendo en cuenta intensidades y duración de la misma.

Objetivos del test de umbral de lactato en campo para triatletas.

- Determinar el Umbral de Lactato a través de un protocolo de ejercicio en pista de ciclismo o velódromo.
- Estudiar la respuesta fisiológica de la Lactacidemia, determinar el UL, los valores respectivos de Frecuencia Cardiaca (FC) y Percepción Subjetiva del Esfuerzo (PSE) en función de la velocidad de desplazamiento durante las distintas intensidades a las cuales fue sometido el deportista a lo largo de toda la evaluación.

Protocolo:

Es un test incremental con siete estadios de duración, de tres a cuatro minutos de esfuerzo sostenido en cada estadio.

Debido a que el test está pensado para poder llevarlo a cabo sin potenciómetro, requiere que la intensidad del viento, en el momento de realizarlo, no supere los 3 m/s (deberá ser medida con un anemómetro).

El test comenzará con una entrada en calor que será de unos 20 minutos, dividida en tres partes, una primera parte de 10 minutos a una intensidad que va entre 70% y 80% de la FCmáx del deportista; seguido realizará un bloque de 5 minutos a una intensidad que va entre 85% y 94% de su FCmáx. y finalizara con otros 5 minutos a una intensidad debajo del 75% de su FCmáx.

Luego de la entrada en calor se detendrá un tiempo de no mas de 5 minutos.

Los estadios tendrán una duración de 3 minutos o mas (el ciclista se detendrá una vez cumplidos los 3 minutos). La cadencia de pedaleo utilizada será de entre 80 a 90, esta será estable en todos los estadios.

La intensidad inicial será de una velocidad de 24 Km./h. equivalente a 100 watts con incrementos de 50watts por estadio.

Como se mencionó anteriormente el test tendrá una duración total de 7 estadios, llegando a desarrollar en el último estadio una potencia de 400w.

Las equivalencias (con pequeña desviación estándar según sea la constitución corporal del ciclista evaluado) de watts con velocidad de desplazamiento del ciclista se muestran en la tabla 2. (Benavent Mahiques, J.; Sainz, S; Ferreira, L.; y Pablo Monzó, A.)

Tabla 2. *Equivalencias entre potencia de pedaleo (watts) y velocidad de desplazamiento (km/h).*
La pausa entre estadios será de 30 segundos, en los cuales se extraerá la muestra de sangre para ser analizada, se tomará nota de la frecuencia cardíaca con la que se detuvo el deportista y la percepción subjetiva del esfuerzo.

Watts.	Km/h.
100	24
150	29
200	32,5
250	35,5
300	38
350	40,5
400	43

Desarrollo del test:

En una pista de ciclismo, la cual tiene una distancia de 850m se llevará a cabo todo el test.
Los escalones del test tendrán una duración de tres minutos o más debido a que si el tiempo del escalón se cumple cuando el ciclista está circulando por una zona del circuito lejana al lugar donde se extraerá la muestra de sangre, tardará unos segundos más en detenerse; la intensidad será mantenida hasta el momento de la detención. Así mismo el escalón no durará menos de tres minutos en ninguno de los casos.

La cadencia de pedaleo será acordada con el ciclista, ésta será lo más aproximada a la que utiliza él mismo para competir y entrenar, estimando que irá entre las 80 y 90 pedaladas por minuto.

En el momento de la detención del ciclista (30 segundos) un grupo de personas se encargarán de anotar: tiempo del estadio, frecuencia cardíaca, percepción subjetiva del esfuerzo y se le extraerá la muestra de sangre para analizar y determinar los mMol de lactato en sangre. También se grabará en la memoria del equipo pulsómetro y velocímetro (Polar CS 200 Cad), la velocidad máxima y promedio, la frecuencia cardíaca máxima, media y la distancia recorrida.

La bicicleta será la que el deportista utiliza habitualmente, la única modificación que se le hará es la de colocarle el equipo Polar CS 200 cad.

Resultados:

Se realizaron tres test de UL en campo con el mismo deportista en diferentes momentos de la preparación del mismo.

Informe del primer Test de Umbral de Lactato.

Fecha: 13 de Noviembre de 2010

Deportista: L. Mariano		
Edad: 29	Peso: 69	Talla:1,73
Deporte: Triatlón (Olímpico)		
FC. Máx teórica: 197ppm.		
Cadencia de competencia: 85 - 90		

Luego de llevar a cabo el test se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- El mismo tuvo una duración de 25 minutos 30 segundos, más 13 minutos en los cuales se analizó el *Clearance* de Lactato.
- Como primer punto vale aclarar que hubo dos mediciones (estadio 4 y 7) en las que por haber poca sangre en el reactivo, el analizador marco bajos niveles de lactatos, menores a los esperados en esos estadios (Tabla 3).

- Sin embargo esto no influyó negativamente para poder llegar a abordar el objetivo del test.
- Se pudo concluir que el Umbral de Lactato se encontró en el 5° estadio.

- Una de las conclusiones más importantes es que el nivel de rendimiento del deportista fué el esperado ya que se correlaciona el U.L con velocidad (38km/h.) o potencia (300w.), estas fueron las adecuadas para el nivel del deportista evaluado.
- En cuanto al *Clearance* se puede apreciar que en la primera toma, tres minutos luego de la última detención del deportista, había 9 milimoles de lactato. Por los tanto se puede corroborar que en el estadio 7 el valor no es el adecuado. En la última medición, luego de transcurridos diez minutos de terminado el test, el deportista todavía se encontraba con valores superiores al umbral, por lo tanto se concluye que no hubo una buena tasa de *Clearance* de lactato.
- En cuanto a los parámetros correlacionados (frecuencia cardíaca, velocidad/potencia, percepción subjetiva del esfuerzo y cadencia) el único que no coincide con el Umbral es la F.C. ya que no se encuentra en un 90%-94% (177-185 ppm.) como indica la bibliografía consultada. Estos porcentajes de F.C. recién aparecen con un valor de lactato a niveles de VO_2 máx. .

Tabla 3. *Gráficos de correlación de diferentes parámetros y el comportamiento del Lactato.*

	Reposo	estadio 1	Estadio 2	estadio 3	estadio 4	**estadio 5**	estadio 6	estadio 7	Clearan-ce	Clearan-ce
Velocidad/watts. (km/h.)		24 100w.	29 150w.	32,5 200w.	35,5 250w.	**38 300w.**	40,5 350w.	43 400w.	3´	10´
Lactato (mMol/l)	Error	1,5	1,7	1,4	0,9	**4,9**	4,1	0,8	9	5,5
F.C. (ppm.)		105	104	111	125	**149**	172	175	111	104
PSE. (1 al 10)		1	1	1	3	**5**	8	10	5	2
Tiem. Por est.		3´ 25¨	4´33¨	4´09¨	3´21¨	**3´31¨**	3´20¨	3´11¨	3´00¨	7´00¨
FC.máx.		128	123	132	147	**161**	178	182	155	113
FC. Promedio		110	114	124	138	**152**	169	176	130	103
Vel. Promedio		24,4	28,9	31,7	32,1	**35,7**	37,6	39,5		
Distancia por est.		1,4	2,2	2,2	1,8	**2,1**	2,1	2,1		
Distancia total.		1,4	3,6	5,9	7,7	**9,8**	12	16,3		

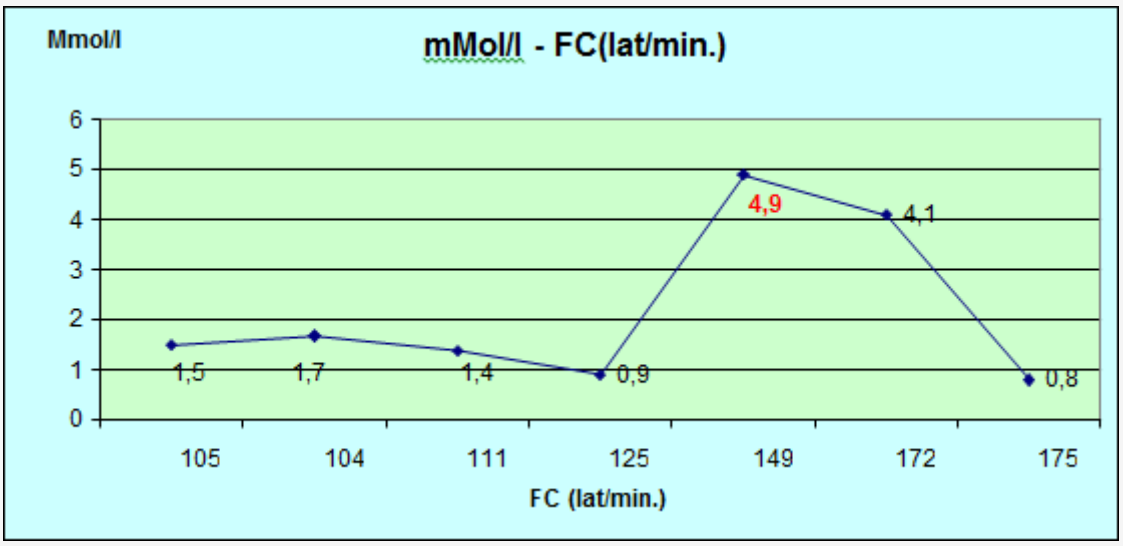


Figura 7. -*mMol/l – Frecuencia Cardíaca (lat/min.).*

En la Figura 7 se puede observar el comportamiento de la F.C.y el lactato durante el desarrollo del test.

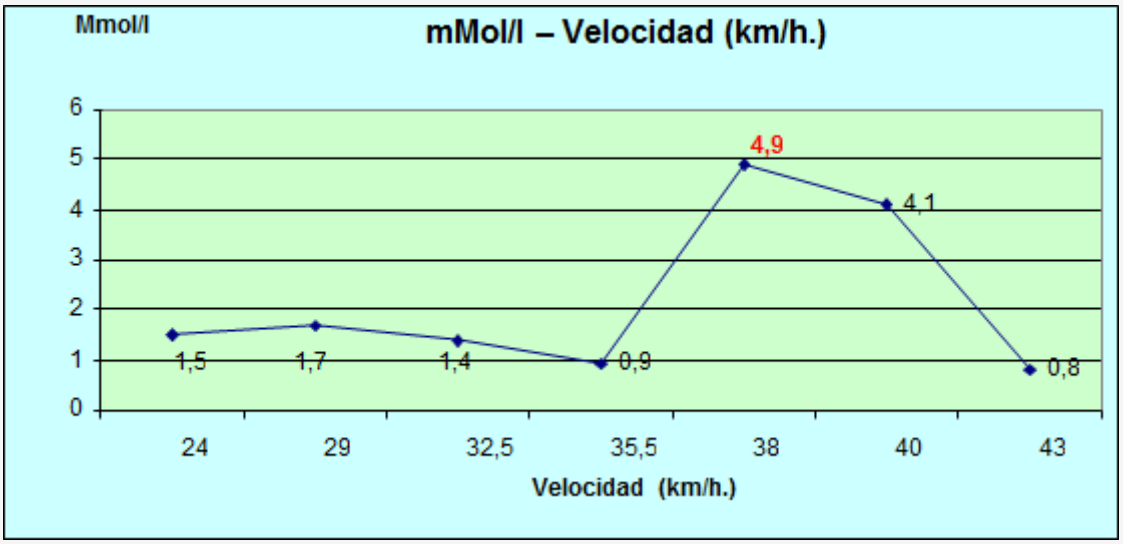


Figura 8. -*mMol/l – Velocidad (km/h.).*

En la figura 8 se puede observar el comportamiento del lactato según la velocidad de desplazamiento del deportista evaluado.

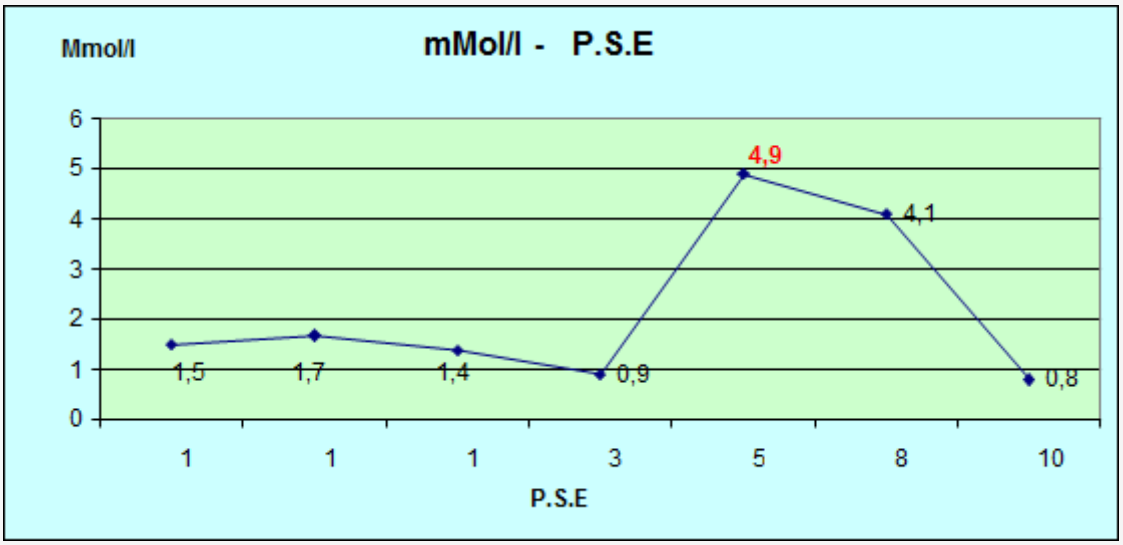


Figura 9. - *mMol/l – Percepción subjetiva del esfuerzo (1-10).*

En la Figura 9 se puede observar la P.S.E del deportista evaluado y su correlación con los Mmol/l de lactato en sangre.

Luego de analizar datos y gráficos se puede afirmar que el Umbral de Lactato se encontró:

Cadencia: 85
Mmol/l: 4,9
P.S.E: 5 a 6
Frecuencia Cardíaca: 149 (teórica 177).
Velocidad: 38 Km/h.
Watts: 300

Como último punto vale aclarar que se tendrían que hacer más de un test, dependiendo el período del mesociclo de entrenamiento, para establecer valores utilizables.

Informe del segundo Test de Umbral de Lactato.

Fecha: 5 de Mayo de 2011

Luego del test se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- Se puede concluir que el Umbral de Lactato se encontró en el 4° estadio.
- Una de las conclusiones más importantes es que se esperaba que el nivel de rendimiento del deportista sea mayor, se esperaba que el UL se hallara en un estadio superior (5°). Se presuponía que el deportista iba a tener el UL a 38km/h. o sea una potencia aproximada a los 300w.
- En cuanto al *Clearance* podemos apreciar que en la primera toma a los 3 minutos desde que finalizó el test había 7,2 mMol/l. En la última medición, a los 10 minutos de terminado el test, el lactato era de 7,3 mMol/l. este valor es superior a la anterior toma y superior al valor umbral, por lo tanto se puede decir que no existió una buena tasa de *Clearance* de lactato. Con respecto al comportamiento de la F.C. corroboramos que el deportista no tuvo una buena recuperación, las causas pueden ser que el mismo se encuentra en la etapa inicial de su preparación anual y por lo tanto no tiene desarrolladas las adaptaciones cardiovasculares y musculares que sí se cree tendrá en los meses próximos.
- En cuanto a los parámetros correlacionados (F.C. , velocidad/potencia, P.S.E., cadencia) todos son aproximados a los valores teóricos de U.L. ya que según la bibliografía consultada el valor de lactato umbral es de 4 a 6 mMol/l. y se encontró a 3,3 mMol/l.(al doble del valor del primer estadio); aunque hay investigadores que sostienen que el UL y el MLSS pueden fluctuar entre 2 y 8 mMol/l. La F.C. fue inferior a los 90-94% de la máxima que se establece teóricamente. Llegó al 77% de la FC máxima teórica, un valor lejano al 90% especificado teóricamente. En este punto hay que tener en cuenta que la FC máxima en ciclismo en la mayoría de los casos es inferior a la FC máxima teórica, esto se debe a que es un deporte que genera mayor fatiga o demanda “periférica” o muscular que “central” o cardíaca; por lo que el porcentaje real puede que sea mayor al 77% marcado en el test.

La P.S.E. fue inferior a los valores teóricos de UL (entre 5 a 7). Por otro lado el umbral fue detectado entre la cuarta y sexta carga como se especifica en la bibliografía consultada.
En todos los parámetros nombrados, menos en PSE se visualiza un aumento significativo en el estadio número 4. El lactato subió más de 1 mMol/l, con lo que se concluye que el test fue válido para determinar el objetivo planteado.

Tabla 4. *Gráficos de correlación de diferentes parámetros y el comportamiento del lactato.*

	Reposo	estadio 1	Estadio 2	estadio 3	**estadio 4**	estadio 5	estadio 6	estadio 7	Cleren -ce	Cleare n-ce
Velocidad (km/h.)/ watts		24/100	29/150	32,5/200	**35,5/250**	38/300	40,5/350	43/400	3´	10´
Lactato (mMol/l)	1,9	1,6	1,7	2	**3,3**	6,2	9,6	10,7	7,2	7,3
F.C. (ppm.)	82	110	120	133	**153**	171	182	182	123	105
PSE. (1 al 10)	0	1	2	2	**3**	7	9	10	5	2
Tiem. Por est.		3´ 15¨	3´46¨	4´02¨	**3´37¨**	3´42¨	3´23¨	3´28¨	3´00¨	7´00¨

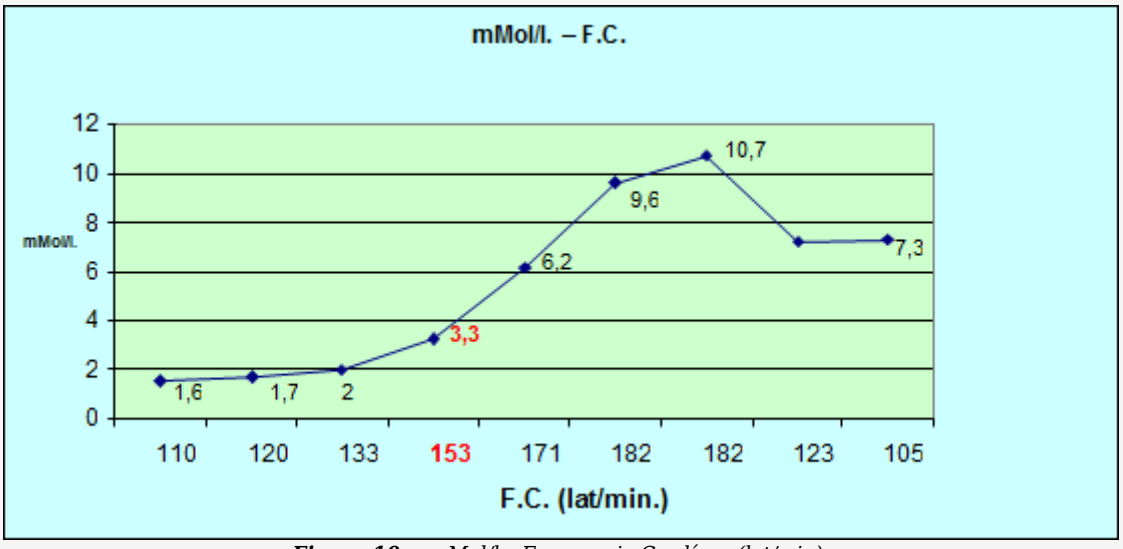


Figura 10. - *mMol/l – Frecuencia Cardíaca (lat/min).*
En la figura 10 se puede observar el comportamiento de la F.C. y el Lactato durante el test.

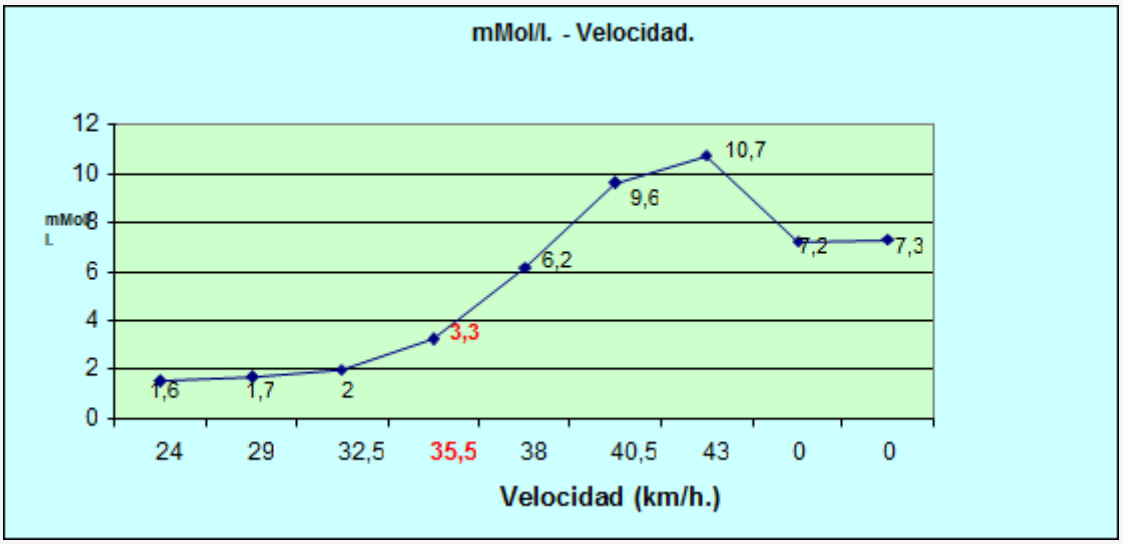


Figura 11. *- mMol/l. – Velocidad (km/h.)*
En la figura 11 se puede observar la velocidad de desplazamiento del deportista evaluado y comparar con los mMol/l de lactato en

sangre en cada estadio del test.

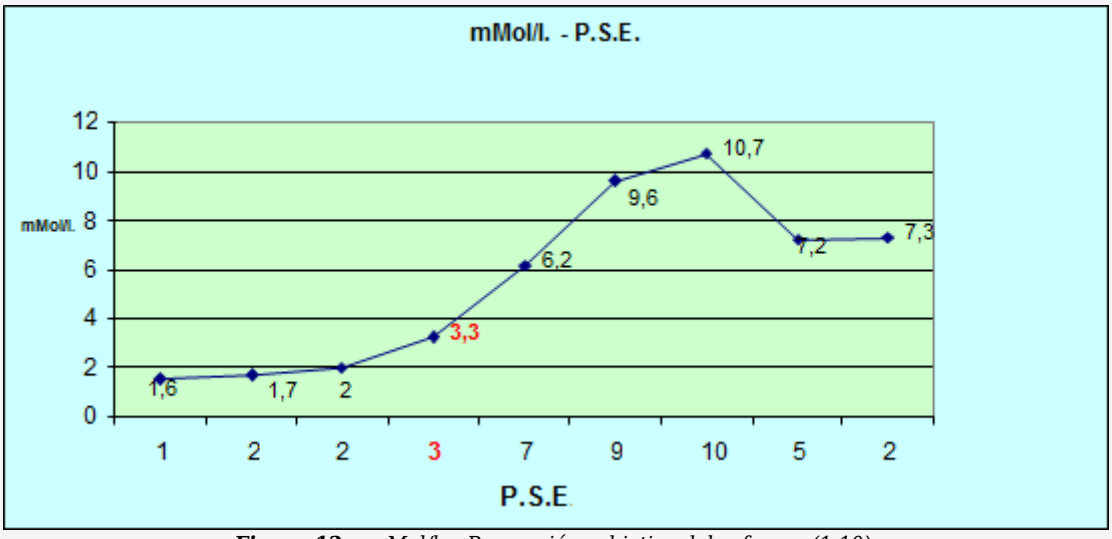


Figura 12. *- mMol/l. – Percepción subjetiva del esfuerzo (1-10).*
En la figura 12 se puede observar el lactato en cada estadio y la P.S.E. del deportista evaluado.

Luego de analizar datos y gráficos podemos concluir que el Umbral de Lactato se encontró:
Cadencia: 85
Mmol/l: 3,3
P.S.E: 3
Frecuencia Cardíaca: 153 (teórica 177).
Velocidad: 35,5 Km/h.
Watts: 250

Informe del tercer Test de Umbral de Lactato.

Deportista: L. Mariano		
Edad: 30	Peso: 71	Talla:1,73
Deporte: Triatlón (Olímpico)		
FC. Máx teórica: 197ppm.		
Cadencia de competencia: 85 - 90		

Fecha: 3 de Diciembre de 2011

Luego del test se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- En reposo el valor de lactato en sangre fue elevado, puedo deberse a que el deportista había efectuado, en las 48hs. antes de la ejecución del test, entrenamientos de alta intensidad. Luego de la entrada en calor, como se observa en el 1° estadio hubo un aclaramiento de AL, con los cual se comenzó el test con valores inferiores a los obtenidos en reposo.
- Se concluye que el Umbral de Lactato se encontró en el 5° estadio. La lactacidemia se elevó más de 1mMol/l con respecto al 4° estadio. La P.SE. se encontró entre 5 y 7, valores de UL según la bibliografía científica.

La F.C. estuvo en porcentajes inferiores (80%) al 90-94% establecidos teóricamente como valores de UL, estos valores recién fueron alcanzados en siguiente estadio (6°). Si se observa la FC máxima alcanzada en el estadio de UL (5°), se puede ver que es aproximada al 85%. Este dato determina que es importante tener en cuenta la FC máxima alcanzada en cada estadio, ya que si solo se tiene en cuenta la FC en el momento de la detención del deportista, esta podrá ser inferior a la FC intraesfuerzo.

- Entre las conclusiones más importantes, se puede decir que el nivel del deportista es óptimo, ya que se esperaban resultados acordes a los obtenidos, se presuponía que el UL estaría en torno a los 38 km/h. (300w.).
- En cuanto al Clearence de Lactato se aprecia en los resultados que no fue optimo, debido a que a los tres minutos de transcurridos luego de la detención del deportista los mMol/l de lactato en sangre fueron superiores al valor obtenido en el 7° estadio. Luego a los diez minutos de transcurridos desde la finalización del último estadio el valor fue similar al obtenido en la toma anterior, e incluso superior al valor de UL. Este dato es importante en un triatleta ya que en competencia luego de la fase de ciclismo, el atleta debe continuar la performance en la fase de pedestrismo, por lo tanto una lactacidemia elevada debido a la baja tasa de aclaramiento del AL, lo perjudicará.

Tabla 5. *Gráficos de correlación de diferentes parámetros y el comportamiento del Lactato*

	Reposo	Estadio 1	estadio 2	estadio 3	estadio 4	**estadio 5**	estadio 6	estadio 7	Cleren-ce	Clearen-ce
Velocidad (km/h.)/watts		24/100	29/150	32,5/200	35,5/250	**38/300**	40,5/350	43/400	3´	10´
Lactato (mMol/l)	3,5	2,7	2,5	3	3,4	**4,9**	7,7	7,2	8,1	7,9
F.C. (ppm.)	78	112	111	127	136	**159**	167	180	111	84
PSE. (1 al 10)	0	2	3	4	5	**7**	9	10	0	0
Tiem. Por est.		3´20¨	3´05¨	3´58¨	3´55¨	**3´35¨**	3´38¨	3´21¨		
FC.máx.		126	135	144	154	**167**	173	181		
FC. Promedio		112	121	133	144	**155**	163	171		
Vel. promedio		24,6	27,6	31,7	33,8	**36,8**	37,9	40,8		
Distancia por est.		1,4	1,4	2	2,2	**2,3**	2,5	2,3		
Distancia total: 15km.										

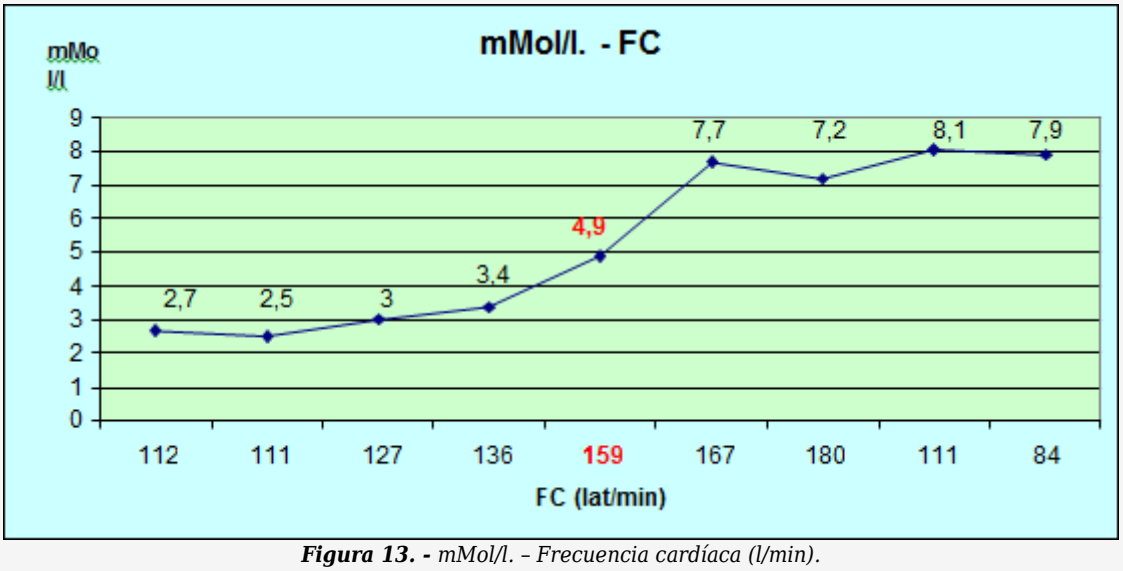
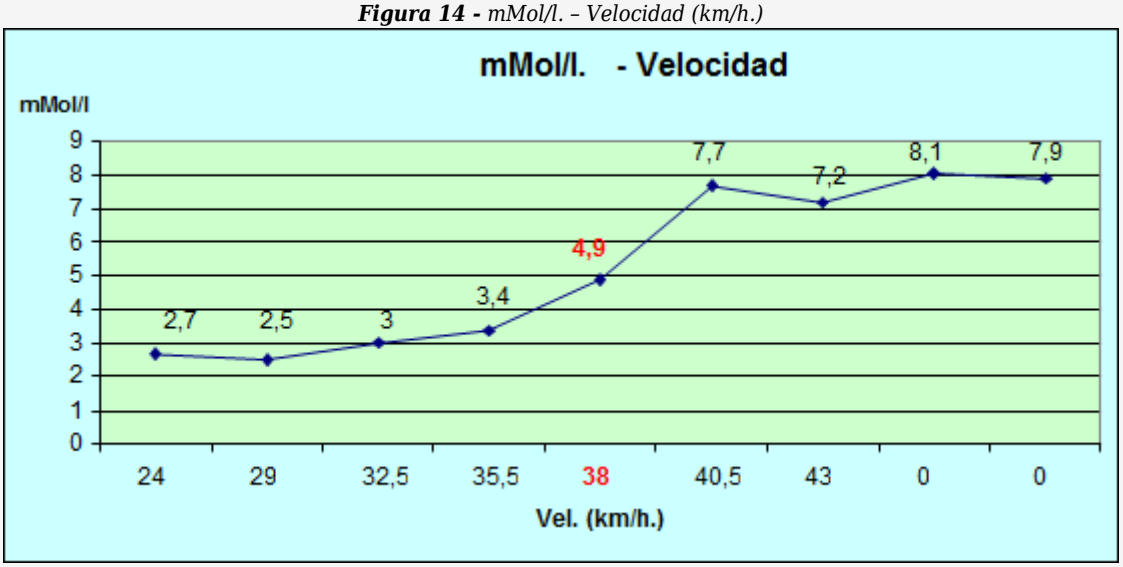


Figura 13. - *mMol/l. – Frecuencia cardíaca (l/min).*

En la Figura 13 se observa el comportamiento de la F.C. y el Lactato

Figura 14 - *mMol/l. – Velocidad (km/h.)*



En la Figura 14 se observa la velocidad de desplazamiento y los mMol/l de lactato en sangre.

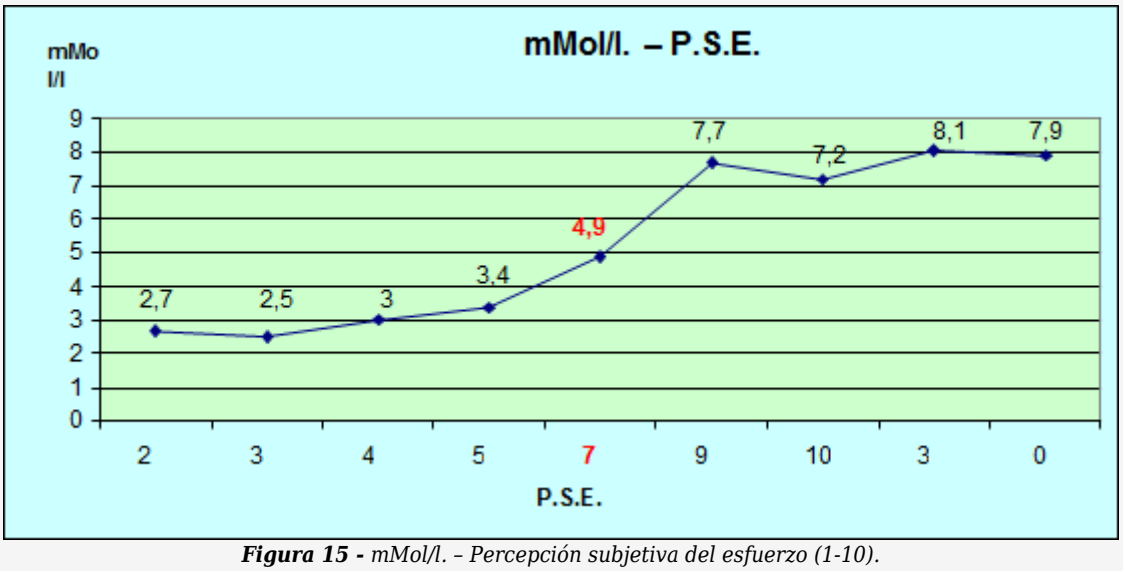


Figura 15 - *mMol/l. – Percepción subjetiva del esfuerzo (1-10).*

En la figura 15 se observa la PSE y los mMol/l de lactato en sangre en cada estadio del test.
Luego de analizar datos y gráficos podemos concluir que el Umbral de Lactato se encontró:
Cadencia: 85
Mmol/l: 4,9
P.S.E: 7
Frecuencia Cardíaca: 159 (teórica 177).

Velocidad: 38 Km/h.
Watts: 300

Vale aclarar que se tendrán que hacer más de un test, dependiendo del momento de preparación, para establecer conclusiones que puedan ser utilizables en la planificación del entrenamiento del deportista.

Se recomienda la utilización de otros test similares o relacionadas para darle mayor validez a los datos obtenidos. Por ejemplo, una de las evaluaciones que se podría llevar a cabo, luego de realizado el test de UL, es la de valorar la intensidad MLSS, el método propuesto por Billat consiste en comparar lactacidemia en muestras extraídas entre los minutos 10 y 30 de una prueba con carga constante, si el deportista está por debajo o en la intensidad MLSS, la lactacidemia no debería incrementarse más de 1 mMol/l. Se tendrán que tomar los mismos parámetros fisiológicos, para controlar la intensidad, en ambas evaluaciones. Por otro lado, para darle mayor sustento a las conclusiones elaboradas a cerca del nivel del deportista evaluado, es conveniente evaluar su consumo máximo de oxígeno y establecer una comparación de UL con porcentaje de VO_2 máx. ; de esta forma se podrá concluir mediante apoyo teórico el nivel de rendimiento del mismo.

4. CONCLUSIONES

- En cuanto al test se puede concluir luego de su aplicación, que es adecuado para medir UL ya que el mismo tuvo una respuesta acorde a la esperada. El umbral se encontró a intensidades, valores de lactato, frecuencia cardíaca y percepción subjetiva del esfuerzo que coinciden con los rangos descriptos en la bibliografía relacionada
- Es imprescindible correlacionar el UL con otros parámetros fisiológicos para poder hacer un seguimiento de la performance del deportista.
- El test de UL en campo no puede utilizarse para reemplazar al test aplicado en laboratorio ya que el mismo se lleva a cabo en condiciones y con materiales diferentes.
- Se comprobó que luego de realizado el test se pueden extraer conclusiones a cerca del nivel de rendimiento del deportista.
- Debe aplicarse el test varias veces en la temporada para seguir la evolución del deportista evaluado.
- El deportista evaluado tienen que tener más de dos años de entrenamiento ya que las intensidades del test son medianamente elevadas, de lo contrario el mismo no soportará las intensidades indicadas para medir UL.
- Luego del análisis de la bibliografía utilizada y de las evaluaciones realizadas, se corroboró que es determinante para llevar a cabo el test, que se realice con la bicicleta que el deportista utiliza habitualmente, de lo contrario, las limitaciones en cuanto a eficiencia mecánica no permitirán abordar resultados válidos.

REFERENCIAS

1. Accusport. (1998). El análisis de lactato – Conceptos básicos.
2. Ahumada Facundo. (2010). Valoración del rendimiento, control bioquímico y de la carga en los deportes de resistencia de larga duración. *En: Curso a distancia de ciclismo, pedestrismo, triatlón y carreras de aventura. Primera Edición. Grupo Sobre Entrenamiento. www.sobreentrenamiento.com*
3. Asgeir Mamen, & Roland van den Tillaar. (2009). Estimating the Maximal Lactate Steady State Power from an Incremental Test Using Lactate. *LP1710. Ititernational Joutrtal of Applied Sports Sciences, Vol. 21, No. 1, 74-85. (§) Korea Institute of Sport Science.*
4. Benavent Mahiques, J.; Sainz, S; Ferreira, L.; y Pablo Monzó, A. (2008). Test de Campo para la estimación del Umbral Anaeróbico en ciclistas, basado en incrementos de intensidades discontinuas. *Universidad de Valencia. www.cienciadeporte.com (Asociación española de ciencias del deporte).*
5. Billat, Véronique. (2002). Fisiología y Metodología del Entrenamiento. *Editorial Paidotribo C/ Consejo de Ciento. 245 bis, 1º 1ª 08011 Barcelona.*
6. Billat, V´eronique L. 1, 2 Pascal Sirvent, 3 Guillaume Py, 3 Jean-Pierre Koralsztein and Jacques Mercier. (2003). The Concept of Maximal Lactate Steady State. *Sports Med; 33 (6): 407-426 REVIEW ARTICLE.*
7. Brooks George. A. (1985). Glycolytic End Product and Oxidative Substrate During Sustained Exercise in Mammals – the 'Lactate Shuttle', Vol. *A, Respiration – Metabolism – Circulation. Springer-Verlag, Berlin.*
8. Brooks George A. (2009). Cell–cell and intracellular lactate shuttles. *SYMPOSIUM REVIEW. J Physiol 587.23. pp 5591–5600.*
9. Charles L. Dimke, David W. Brock, Brock H. Helms, and G. Gregory Haff. (2006). Heart Rate at Lactate Threshold and Ciclyng Time Trials. *Journal of Strength and Corditining Research, 20(3), 601-607. National Strength & Conditioning Association.*
10. Coyle, Edward F. (2007). Mejora de la Eficiencia Muscular Desarrollada a Medida que Madura un Campeón del Tour de Francia.

PubliCE Premium. 19 12. Pid: 913.
11. Freund H, Oyono-Enguelle S, Heitz A, et al. (1986). Work rate dependent lactate kinetics after exercise in humans. *J Appl Physiol; 61: 932-9*
12. J. Duncan MacDougall, Howard A. Wenger, Howard J. Green. (2005). Evaluación fisiológica del deportista. *Editorial Paidotibo. Tercera edición. España.*
13. James A. Davis, Ralph Rozenek, Derek M. DeCicco, Michael T. Carizzi and Patrick H. Pham. (2007). Comparison of three methods for detection of the lactate Threshold. *Laboratory of Applied Physiology, Department of Kinesiology, California State University/Long Beach, Long Beach, CA, USA.*
14. Krista Svedahl, and Brian R. MacIntosh. (2003). Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. *Canadian Society for Exercise Physiology.*
15. Karlman Wasserman, William L. Beaver, Brian J. Whipp. (2006). Teoría del Intercambio Gaseoso y del Umbral de Acidosis Láctica (Umbral Anaeróbico). *www.sobreentrenamiento.com o SE > PubliCE Standard > Sección: Fisiología del Ejercicio > Artículo Pid: 674.*
16. Parolin ML, Spriet LL, Hultman E, et al. (2000). Effects of PDH activation by dichloroacetate in human skeletal muscle turing exercise in hypoxia. *Am J Physiol Endocrinol Metab; 279: E752-61*
17. Pons Jordi, ¿Cuántos Vatios? ¿Cuánta Potencia? www.revistaciclismoenruta.com Stainsby WN, Brechue WF, O'Drobinak DM. (1991). Regulation of muscle lactate production. *Med Sci Sports Exerc; 23: 907-11.*
19. Victor Sergeyevich Mishchenko, Vladimir Dmitriyevich Monogarov. (2001). Fisiología del Deportista. *2da Edición. Editorial Paidotribo C/ Consejo de Ciento. 245 bis, 1º 1ª 08011 Barcelona.*