

EVOLUCIÓN Y APLICACIÓN PRÁCTICA DEL UMBRAL ANAERÓBICO EN EL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO. REVISIÓN

Feriche, B. y Delgado, M.
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
Departamento de Educación Física y Deportiva
Universidad de Granada

RESUMEN

La controversia sobre el umbral anaeróbico (U.ANA) no ha impedido investigar más allá e intentar mejorar los métodos tradicionales de determinación invasiva de la concentración de lactato en sangre (umbral láctico), o métodos no invasivos de intercambio gaseoso (umbral ventilatorio), e incluso sugerir otros nuevos basados en la frecuencia cardíaca, saliva, electromiografía, ... para determinar el U.ANA. El proyecto de detección no invasiva, ha hecho el parámetro atractivo al investigador en prevención, medicina ocupacional y de rehabilitación e investigaciones de las ciencias del ejercicio. Existe controversia para delimitar la causa específica de la acidosis metabólica inducida por el ejercicio. De hecho, la relación entre el rendimiento en resistencia y la cinética del lactato nos llevan a considerar que la concentración de lactato puede ser usada como una herramienta de entrenamiento.

PALABRAS CLAVE: Umbral anaeróbico, lactato, entrenamiento, rendimiento

ABSTRACT

The controversy about the anaerobic threshold has not prevented investigators from studying in further and attempting to improve the traditional methods of invasive blood lactate concentration determinations (lactate threshold), or methods of noninvasive gas exchange (ventilatory threshold), and even suggesting new methods based on heart rate, saliva, electromyograph, ... to the determination of anaerobic threshold. The noninvasive detection scheme has made the parameter attractive to investigators in preventive, rehabilitative and occupational medicine and researches in the exercise sciences. Controversy exist regarding the specific cause for the exercise-induced metabolic acidosis. Indeed, the relationship between endurance performance and lactate kinetics led to the suggestion that a blood lactate concentration could be used as a training tool.

KEY WORDS: Anaerobic Threshold, lactate, training, performance.

El concepto de "Umbral Anaeróbico" es objeto de numerosas controversias en lo que refiere a la exactitud de los elementos que lo determinan. Sin embargo, hoy en día mantiene un protagonismo crucial en la valoración funcional, control y programación del entrenamiento deportivo.

Desde hace más de 30 años, Hollmann (1961), Wasserman (1964), y durante años posteriores, Londeree y Ames (1975), Mader (1976), Kindermann (1979), Ivy (1980) y Sjodin (1981), se reconoció la existencia de cambios metabólicos y/o ventilatorios desencadenados a partir de una cierta intensidad de ejercicio, desarrollándose un concepto que evolucionó hasta acuñar un término que permitía explicar todos los fenómenos conocidos y relacionados con esta zona de transición aerobia-anaerobia. A partir de este momento, Davis (1985), ofreció una definición del Umbral Anaeróbico (U.ANA.) determinándolo como la intensidad de ejercicio o de consumo de oxígeno (VO_2) más allá de la cual el ácido láctico comienza a acumularse en la sangre desencadenando una acidosis metabólica.

Tradicionalmente, siguiendo la escuela de Mader (1976), se ha considerado en 4mMol/l la concentración de lactato a partir de la cual, al incrementar la intensidad de trabajo, se dispara su producción a una velocidad por encima a su posible metabolización, provocando fatiga y la consecuente parada del ejercicio (McLellan y cols.1992). Sin embargo este máximo estado estable, o punto a partir del cual un aumento de la carga de trabajo se corresponde con un brusco ascenso en la producción de lactato durante el ejercicio continuo, es diferente para cada individuo. Se han encontrado rangos que varían entre los 3 y los 5,5mMol/l (McLellan y cols.1992) o incluso hasta 6mMol/l, que dejan bien patente la necesidad de trabajar con valores individuales para cada deportista (Ahmaidi y cols.1993).

El U.ANA. individual se puede definir como la mayor velocidad de metabolización en la que la concentración de lactato sanguíneo puede ser mantenida en estado estable durante un ejercicio prolongado para cada individuo (Keith y cols.1992; McLellan y cols.1992). En esta línea y para hacer patente las diferencias entre los resultados obtenidos para una misma población del umbral a 4mMol/l en comparación con U.ANA.individual, llevamos acabo un estudio (Feriche y cols.1993) en el que se calcularon ambos umbrales a un grupo de sujetos sanos y voluntarios sometidos a un test máximo progresivo con recogidas de muestras de lactato en cada escalón de carga. Se observó una reducción de la intensidad umbral de carrera de 0'7 Km/h con respecto al valor de Mader, aunque con un aumento en la desviación típica de los resultados en casi un punto(Tabla.I)

	U.ANA de Mader (1976)	U. ANA Individual	DIFERENCIA
LACTATO	4 mMol/l	2,2 nMol/l ± 1,3	-1,8 mMol/l
VELOCIDAD	14,3 Km/h ± 1,3	13,6 Km/h ± 2	-0,7Km/h
F. CARDIACA	176 ppm ± 9,4	172 ppm ± 9	- 4 ppm

Tabla I. Diferencia entre los valores de lactato, frecuencia cardíaca y velocidad de carrera : U.ANA. de la escuela de Mader vs el U.ANA. individual del sujeto. (Tomado de Feriche y cols.1993)

El ácido láctico no es el único parámetro que es frecuentemente utilizado para determinar el U.ANA. En este sentido, un grupo de doce sujetos fue sometido a un test máximo progresivo tratando de detectar el umbral láctico en base a los cambios en la ventilación. Llegaron a la conclusión de que éste método es fiable para la valoración del umbral en jóvenes atletas ($R=0'9$), coincidiendo con un valor en plasma de 4mMol/l. Sin embargo, las fluctuaciones de ese valor como resultado de la variabilidad interindividual, se presentan tanto durante el ejercicio como en reposo, por lo que este dato arbitrario, que se toma como índice de transición entre el sistema aeróbico y anaeróbico, debe de reconsiderarse continuamente e insistir en su individualización cuando es tomado como base de control y planificación del entrenamiento deportivo (Ahmaidi y cols.1993).

PARÁMETROS FISIOLÓGICOS EN EL UMBRAL ANAERÓBIO

El valor del U.ANA. es frecuentemente expresado en términos de concentración de lactato (Cebeiro,1987; Davis,1985; Feriche y cols.1993; Keith y cols.1992; McLellan y cols.1992; Robergs y cols.1990; Rodríguez,1987; Weltman y cols 1991), frecuencia cardíaca (Bunc y cols.1995; Feriche y cols.1993; Pokan y cols.1993; Pokan y cols.1995), variables ventilatorias (Cebeiro, 1987; Davis, 1985; Duvillard,1994; Keith y cols.1992; Robergs y cols.1990; Rodríguez, 1987) o intensidad de trabajo (Feriche y cols,1993; Keith y cols.1992; Pokan y cols.1995; Wakayoshi y cols.1993).

Para llegar a obtener un valor del el U.ANA., hay diversos protocolos que deben de ajustarse al método más apropiado para su detección. De forma general, podemos reunir a todos estos métodos en dos grandes grupos:

a) Métodos ventilatórios: Basados en la obtención de los cambios inducidos por la compensación respiratoria de la acidosis láctica. Así, el volumen respiratorio (VE) expresa la colocación del umbral en su segundo cambio de linealidad, punto en el que muestra un incremento muy significativo a partir de su tendencia normal (Fig.1)

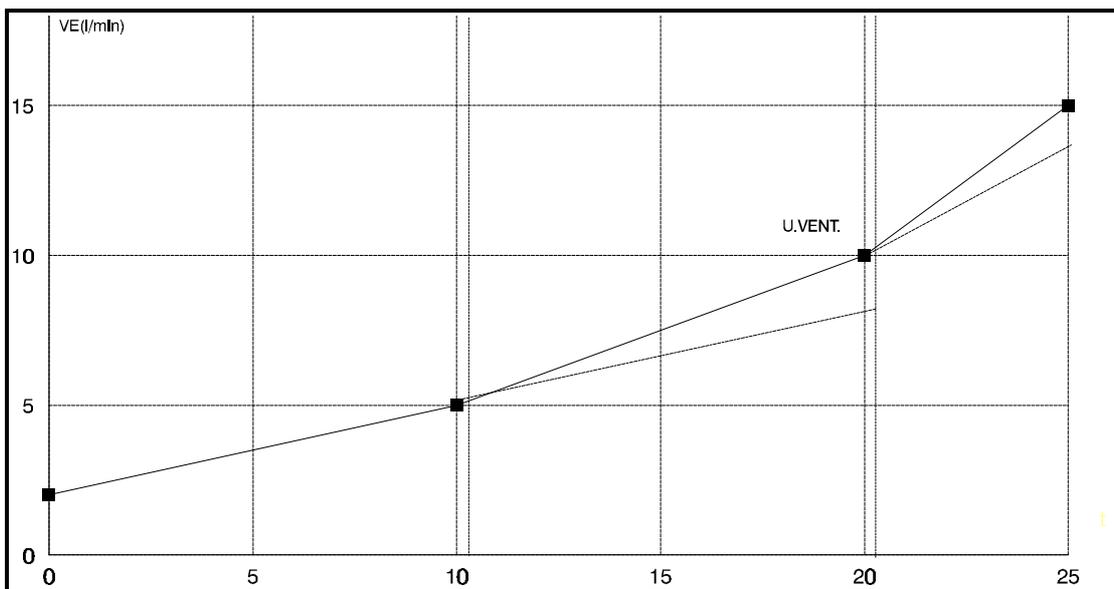


Figura 1 Cambios en la VE (l/m) durante un test máximo progresivo. (Modificada de Skinner y col. 1990)

Por contra, la fracción espirada de CO₂ (FECO₂) presenta un comportamiento descendente a partir del citado punto. También se han utilizado métodos ventilatorios basados en la relación entre el VE y el consumo de oxígeno (VO₂) o la producción de

CO₂ (VCO₂), mostrando un tendencia al ascenso a partir del umbral (Ahmaidi y cols.1993).

El cociente respiratorio, utilizado durante mucho tiempo como indicador del aumento de la participación anaerobia en el esfuerzo, parece haber perdido hoy día su importancia. Sin embargo aún se mantienen opiniones que consideran que el umbral anaeróbico se sitúa en un valor próximo a la unidad, valor que ciertamente no siempre coincide con el umbral real.

No todo los autores corroboran la validez de los métodos ventilatorios para el cálculo del U.ANA. En esta línea de opinión, Mateika y cols.(1994) llevaron a cabo un estudio para comprobar la relación en el comportamiento de la ventilación con respecto a las modificaciones en la concentración de lactato que experimentaba un grupo de sujetos sanos y entrenados sometidos a dos test máximos y progresivos en un intervalo de 7 minutos. Obtuvieron comportamientos similares entre los cambios ventilatorios, actividad electro-miográfica y acidosis sanguínea, aunque el umbral láctico se desencadenaba mucho antes que el ventilatorio, lo que atribuían a que los registros de las muestras de sangre se tomaban con menos frecuencia en relación al registro del resto de las variables, estableciendo la posibilidad de que los umbrales se produjeran a la misma intensidad de trabajo. Aunque algunos investigadores (Davis, 1985) sugieran que el umbral ventilatorio se desencadene por el incremento en los niveles de CO₂ derivados de la compensación de los iones de hidrógeno (H⁺) presentes en el medio por el aumento en la producción de lactato durante el ejercicio, los resultados obtenidos por Mateika y cols.(1994) no corroboran esa conducta, pues aunque la manifestación del umbral ventilatorio fue el mismo en ambos test, en el segundo se registró un marcado descenso de la concentración de ácido láctico al comienzo del mismo, rompiendo la relación entre ambos parámetros. En general podríamos decir que los cambios en la ventilación están desencadenados bien por un incremento en la actividad neural originada desde la región motora subtalámica o músculo activo, en respuesta a una necesidad de rápido reclutamiento de fibras cuando la intensidad de trabajo aumenta y estas comienzan a fatigarse (Mateika y cols.1994), o por contra, por la modificación en el VO₂ y VCO₂ (Duvillard y col.1994).

b) Método metabólico: La determinación del U.ANA por métodos de análisis de lactacidemia es cada vez más frecuente. Este proceso se basa en la interpretación de las muestras de sangre tomadas antes, durante e incluso después de la ejecución de un ejercicio físico más o menos prolongado. La determinación del U.ANA a partir de estos registros varía según los autores: tomándolo como un valor fijo para todos los

individuos (4mMol/l de la escuela de Mader), calculando por métodos matemáticos (cálculo de la tangente a la curva de acumulación de lactato,...) o bien determinándolo a través de la inspección visual (Cebeiro,1987).

Al ser muy numerosos los mecanismos que intervienen en el proceso de producción, consumo y distribución de lactato por los distintos compartimentos del cuerpo, éste modifica su comportamiento en relación a la carga de trabajo impuesta. A una carga liviana, muy por debajo de la intensidad umbral, la concentración de lactato en sangre varía poco de la observada en reposo, pero conforme aumentamos la intensidad de trabajo se irá incrementando su producción de una forma equilibrada a su posible metabolización. Este comportamiento es constante hasta que sobrepasamos la intensidad umbral o "máximo estado estable" donde el brusco ascenso en la producción de lactato rompe la linealidad entre su producción y eliminación en el músculo (García y col.1988) marcando un punto de inflexión en la curva de acumulación. (Fig.2)

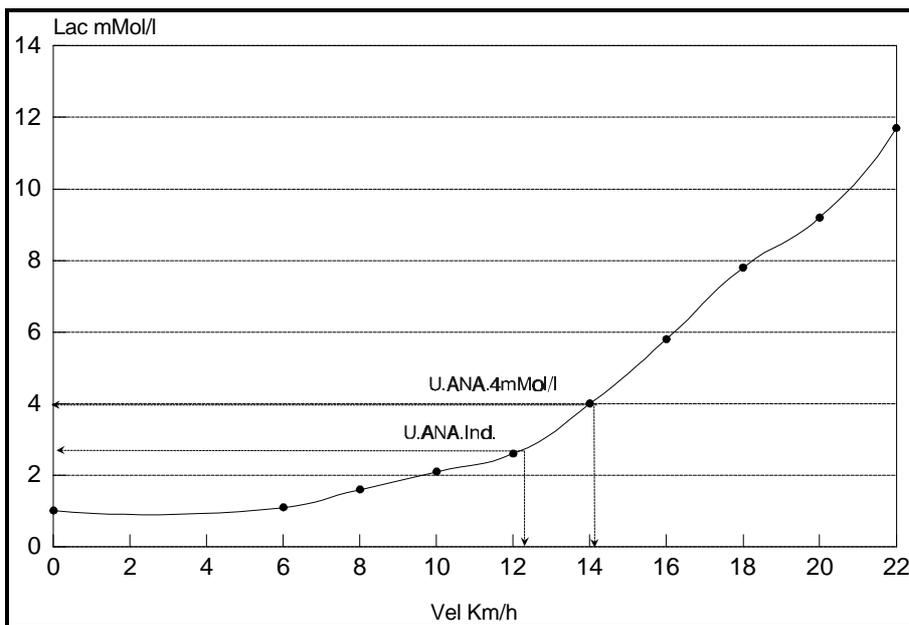


Figura 2 Cinética del lactato (Tomada de Feriche y cols. 1993)

Por lo tanto, podemos resumir diciendo que la concentración de lactato aumenta al elevar la intensidad de trabajo. Cuando dicha intensidad excede en gasto energético

a la demanda que puede satisfacerse por vía aerobia, las anaerobias intensifican su participación. En esfuerzos donde el requerimiento energético provoca un mantenimiento de obtención de energía por vía principalmente anaerobia, la acumulación progresiva de lactato puede, y de hecho lo hace, impedir la capacidad del músculo activo de mantener el ejercicio de alta intensidad y llevar a la parada del esfuerzo (Monod y col.1986).

Uno de los problemas que podemos encontrar a la hora de interpretar el comportamiento del lactato en sangre, es reflejado por Robergs y cols.(1990), en el trabajo que llevaron a cabo sobre las diferencias entre el U.ANA. láctico obtenido en sangre venosa o el hallado en sangre arterial durante un ejercicio progresivo en ciclo ergómetro. Llegaron a la conclusión de que existen diferencias significativas entre los valores de lactato registrados en ambas situaciones, siendo mayor el obtenido de la sangre arterializada. Este estudio, corrobora los resultados obtenidos por otras investigaciones de las que García y col.(1988) hace mención. La diferencia arterio-venosa en la concentración de lactato se hace cada vez mayor después del inicio del aumento de su concentración en sangre arterial, probablemente como consecuencia del consumo de lactato por parte del resto de los músculos. Por lo tanto, es más adecuado el análisis de las muestras obtenidas a partir de la sangre arterial para llegar a una conclusión más válida sobre la concentración de ácido láctico en sangre.

La ciencia sigue evolucionando y buscando más alternativas que abran nuevas líneas de investigación y enriquezcan las existentes. Poco a poco se han ido desarrollando nuevas técnicas que permiten obtener con mayor o menor fiabilidad la intensidad de trabajo a la que se realiza la transición de un sistema predominante de energía a otro. A todos estos métodos los incluiremos dentro de un tercer apartado al que denominaremos:

c) Otros métodos: A pesar de la exactitud obtenida en la determinación del U.ANA. por los métodos citados, hay otros estudios que muestran un valor representante de este punto de transición a partir de la frecuencia cardíaca (Bunc y cols.1995; Pokan y cols.1993; Pokan y cols.1995), registro electromiográfico (Bunc y cols.1995; Pokan y cols,1995;), y concentración de iones en la saliva (Chicharro,y cols.1995) que pueden ser una alternativa a los métodos tradicionales así como un importante parámetro de verificación de la intensidad de trabajo durante el entrenamiento (sólo frecuencia cardíaca y saliva) sin necesidad de acudir a métodos invasivos que cuestionarían la condición real de ejecución del proceso.

Para obtener el U.ANA a partir de la frecuencia cardíaca (como se ilustra en la figura 3 de las tomas de Feriche y cols, 1993) (Fig.3)

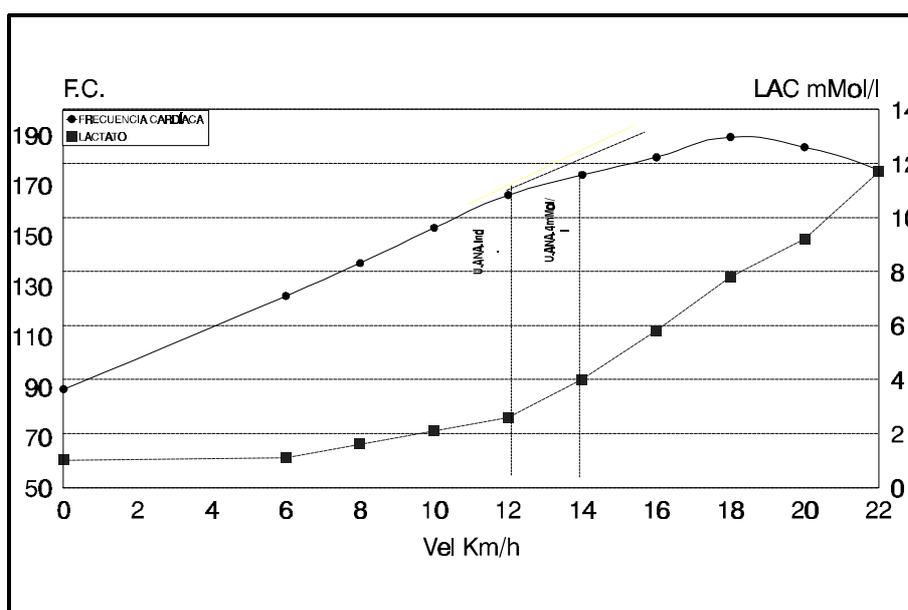


Figura 3 Curva de frecuencia cardíaca y lactato (tomada de Feriche y cols. 1993)

es necesario calcular la curva de relación de la carga de trabajo con el citado parámetro, encontrándose un punto de inflexión, representado con un aplanamiento de la curva, que indica la ubicación del umbral (Bunc y cols.1995; Conconi y cols. 1982). Sin embargo, algunos autores no apoyan la validez de este método (Tokmakidis y col.1992), argumentando que esta curva no siempre presenta punto de inflexión. De forma general pueden resumirse en el uso de un protocolo incorrecto y/o utilización de un método de cálculo del umbral inapropiado, las principales causas de fallos en el proceso. En esta línea, una reducción de la función miocárdial puede provocar que aproximadamente un 7% de los sujetos sometidos a un proceso de este tipo no

muestren inflexión en su curva de frecuencia cardíaca-intensidad de trabajo (Pokan y cols.1993).

Bunc y cols.(1995) sometieron a un grupo de mujeres no entrenadas a un test máximo progresivo en bicicleta para tratar de corroborar la relación entre el umbral por frecuencia cardíaca y el obtenido por los restantes métodos, asumiendo que la relación lineal de la curva obtenida iba a ser la propia de un proceso biológico normal de adaptación al esfuerzo. No encontraron diferencias significativas entre el valor umbral alcanzado en frecuencia cardíaca y el obtenido por el umbral láctico, ventilatorio y electromiográfico.

El uso de la muestra de saliva es algo que aún no está del todo estudiado. Chicharro y cols (1995) sometieron a un grupo de niños de entre 10 y 11 años a un test incremental en pista durante el cual eran tomadas (en los tiempos de transición de carga) muestras de saliva (para analizar la concentración de Na⁺ y Cl⁻) y de sangre, así como se mantenía monitorizado al niño durante todo el proceso con el fin de comparar y verificar los resultados. Los datos no muestran diferencia significativas en la ubicación de este umbral "iónico" en comparación al láctico, mostrando en ambos casos un claro punto de inflexión en el que se disparaban las concentraciones de las citadas sustancias al aumentar la carga, pudiéndolo expresar en términos de velocidad de carrera o incluso en términos de frecuencia cardíaca Estos resultados han mostrado que posiblemente este sea un método válido de determinación del U.ANA. en un test de campo, al menos en niños.

UMBRAL ANAERÓBIO Y ENTRENAMIENTO

A través del entrenamiento adecuado puede modificarse el punto de ubicación del umbral anaeróbico. Para comprobar este efecto es frecuente el estudio de las curvas de lactato. Cualquier protocolo triangular, continuo o discontinuo, que mantenga cada escalón de carga el tiempo suficiente para alcanzar un estado estable (al menos 2 o 3 minutos) y continúe así hasta el agotamiento es apto para la elaboración de estas curvas. De esta manera, por el efecto del entrenamiento la curva de acumulación de lactato sufrirá un desplazamiento hacia la derecha y hacia abajo que normalmente se acompaña de una mayor angulación del punto de inflexión y es proporcional a la mejora obtenida en el umbral, indicando una mejora en su capacidad aeróbica (Fig.4)

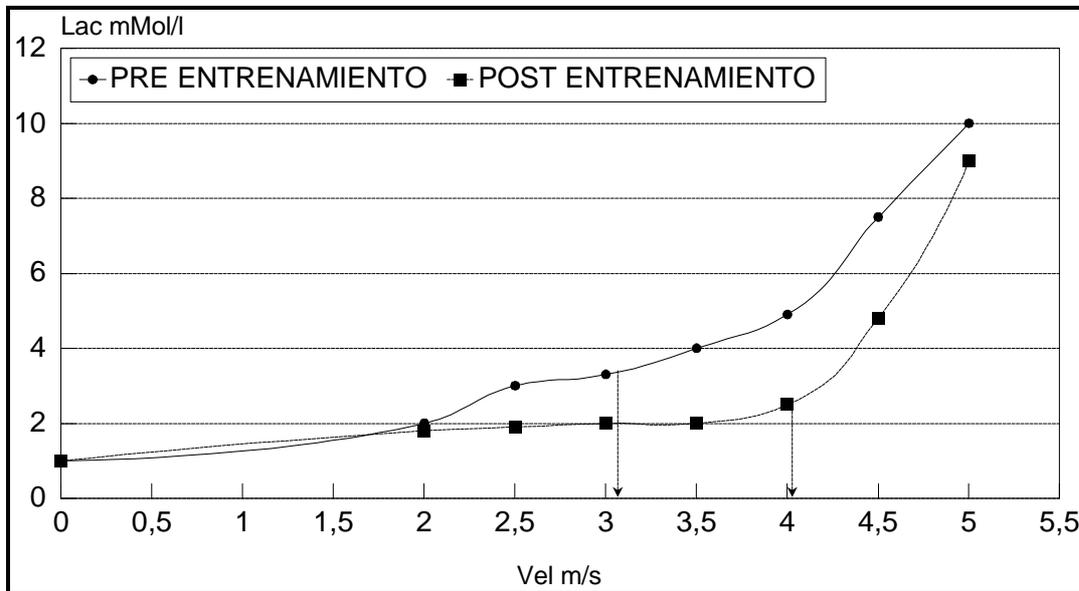


Figura 4 Modelo de evolución de la curva de acumulación de lactato

El U.ANA. delimita claramente las zonas de entrenamiento aeróbico y anaeróbico. Entrenar por debajo de la intensidad umbral, nos lleva a un predominio de los sistemas aeróbicos de temprana recuperación con abuso en la utilización de los ácidos grasos; mientras que entrenar en anaerobiosis lo hace fundamentalmente hacia una mejora en la capacidad de producción y amortiguación de los niveles ácidos así como a un

desarrollo específico de los enzimas propios de los procesos aneróbios con predominio de los hidratos de carbono.

Teóricamente, el U.ANA. representa la máxima velocidad metabólica en la que el lactato puede ser eliminado del músculo, lo que implicaría que el individuo pudiera mantener un trabajo a esa intensidad por tiempo indefinido. En este sentido, se han llevado a cabo estudios para comprobar cuánto tiempo puede un sujeto mantener un esfuerzo a ese nivel obteniendo que, tanto los sujetos entrenados como no entrenados, pueden hacerlo durante unos 30 minutos en los cuales los niveles de lactato, pH y Presión parcial de CO₂ permanecen sin cambios, al menos en los últimos 15 minutos (McLellan y cols. 1989; McLellan y cols.1991). Similares resultados obtuvo Jenkins y col.(1990), al observar que 6 de sus 8 ciclistas entrenados mantenían un esfuerzo durante 30 minutos a su potencia crítica (máxima velocidad donde la respuesta del estado estable puede mantenerse un tiempo prolongado), aunque registró un descenso en dicha intensidad de trabajo de 20 Watt, disminución que fue necesaria para que la sesión pudiera ser terminada. En esta misma línea, McLellan y cols.(1992), realizaron un proceso comparativo entre el U.ANA y la potencia crítica, corroborando con sus resultados las conclusiones de Jenkins y col.(1990). Estimaron que el método utilizado para determinar dicha potencia crítica, sobreestimaba la capacidad de potencia asociada a un máximo estado estable de lactato y balance acido-base. Otra posibilidad encaminada a justificar los resultados de estos trabajos es la de considerar que el valor de intensidad marcado por la potencia crítica no es del todo fiable en todos los individuos, sobretodo a mayor edad, siendo diferente al encontrado en sujetos jóvenes (Overend y cols.1992). Se ha tratado de demostrar que el entrenamiento a intensidad umbral provoca mayores adaptaciones en el VO₂ que si se realiza por encima o debajo del mismo. Para tal fin, Keith y cols. (1992), sometieron a un grupo de sujetos a un entrenamiento continuo de ocho semanas a intensidad umbral y a otro a un entrenamiento de igual duración incidiendo dentro de la misma sesión en una intensidad por encima y por debajo del umbral. De forma global, se registraron mejoras ligeramente superiores en el VO₂ max del grupo que trabajó a intensidad constante, aunque el otro grupo registró una mejora en la potencia específica de trabajo a intensidad umbral. Los autores concluyen considerando que el entrenar durante un tiempo prolongado a la intensidad umbral individual no muestra mayores cambios significativos en la mejora del VO_{2max}, potencia y % del VO_{2max} umbral en relación al entrenamiento mixto a un 30% por encima o por debajo de la diferencia entre el umbral anaeróbico y el VO_{2max}, aunque sí se manifiesta en ambos tipos de entrenamiento una significativa mejora con respecto a los valores del grupo control.

Por lo tanto, cuando la intensidad umbral de entrenamiento es fija, es ese valor lo que determina la ausencia o existencia de adaptación al trabajo realizado (Keith y cols.1992). Esta misma respuesta fue obtenida por Weltman y cols.(1991) en su estudio realizado con mujeres no entrenadas y sometidas a un largo proceso de entrenamiento. No encontraron diferencias tras los primeros 4 meses, corroborando los datos aportados por el estudio anterior, aunque concluyen afirmando que es más efectivo entrenar a intensidad umbral, así como introducir trabajos a intensidades superiores para continuar con el proceso de adaptación al entrenamiento que tiende a estabilizarse con el tiempo.

El U.ANA. constituye uno de los elementos más válidos a la hora de conocer el estado de forma de un individuo, así como planificar y controlar la evolución del mismo a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- AHMAIDI,S.; HARDY,J.M.; VARRAY,A.; COLLOMP,K.; MERCIER,J.; PRÉFAUT,C. (1993). Respiratory gas exchange indices used to detect the blood lactate accumulation threshold during an incremental exercise test in young athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 66, 31-36.
- BUNC,V.; HOFMANN,P.; LEITNER,H.; GAISL,G. (1995). Verification of the heart rate threshold. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 263-269.
- CEBEIRO,F. (1987). Metodología del umbral anaeróbico. *Archivos de Medicina del Deporte*, 3, 385-389.
- CHICHARRO,J.L.; CALVO,F.; ALVAREZ,J.; VAQUERO,A.F.; BANDRÉS,F.; LEGIDO,J.C. (1995). Anaerobic threshold in children: determination from saliva analysis in field test. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 541-544.
- CONCONI,F; FERRAI,M; ZIGLIO,P.; DROGHETTI,P. CODECA,L.(1992). Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 52, 689-873.
- DAVIS,J.A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine Sciences of Sports Exercise*, 17, 6-18.

- DUVILLARD,S.P., HAGAN,R.D. (1994). Independence of ventilation and blood lactate responses during graded exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 68, 298-302.
- FERICHE,B.; MATURANA,E.; GUTIÉRREZ,A. (1993). Estudio sobre la planificación de la capacidad anaeróbica láctica en altitud. *Actas Congreso Mundial de Ciencias del Deporte*. Granada, 8-11 de Noviembre 1993.
- GARCÍA DEL MORAL,L.; RODRIGUEZ,A. (1988). Factores que afectan a la lactatemia durante un test de esfuerzo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 5, 375-386.
- HOLLMANN,W. (1961). Zur frage der dauerleistungsfähigkeit. *Fortschr.Medicine*. 79, 439-453.
- IVY,J.L.; WITHERS,R.T.; VAN HANDEL,P.J.; ELGER, D.H.; COSTILL, D.L. (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology* 48, 523-527.
- JENKINS,D.G.; QUIGLEY,B.M. (1990). Blood lactate in trained cyclist during cycle ergometry at critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 278-283.
- Keith,S.P.; Jacobs,I.; McLellan,M.T. (1992). Adaptations to training at the individual anaerobic threshold. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 316-323.
- KINDERMAN,W; SIMON,G; KEUL,J. (1979). The significance of aerobic anaerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 42, 25-34.
- LONDEREE, B.R.; AMES,S.; (1975). Maximal steady-state versus state of conditioning. *European Journal of Applied Physiology*, 34, 269-278.
- MADER,A; LIESEN,H; HECK,H.; PHILIPPI,H.; ROST,R.; SCHURCH,P.;HOLLMANN,W. (1976). Zur beurteilung der sportstspezifischen ausdauerleistung fähigkeit in labor. *Sportartz and Sportmedizin*, 27, 80-88 y 109-112.
- MATEIKA,J.H.;DUFFIN,J. (1994).Coincidental changes in ventilation and electromyographic activity during consecutive incremental exercise test. *European Journal of Applied Physiology*, 68, 54-61.

- MCLELLAN,T.M.; JACOBS,I. (1989). Active recovery, endurance training, and the calculation of the individual anaerobic threshold. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise.*, 21, 586-592.
- MCLELLAN,T.M.; CHEUNG,K.S.; JACOBS,I. (1991). Incremental test protocol, recovery mode, and the individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 190-195.
- MCLELLAN,T.M.; CHEUNG,S. (1992). A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 24, 543-550.
- MONOD,H.; FLANDROIS,R. (1986). *Manual de fisiología del deporte*. Barcelona-México, Masson, 16-18.
- OVEREND,T.J.; CUNNINGHAM,D.A.; PATERSON,D.H.; SMITH,W.D.F. (1992) Physiological responses of young and elderly men to prolonged exercise at critical power. *European journal of Applied Physiology*, 64, 187-193.
- POKAN,R., HOFMANN,P.; PREIDLER,K.; LEITNER,H., DUSLEAG,J.; EBER,B., SCHWABERGER,G.; FÜGER,G.F.; KLEIN,W. (1993). Correlation between inflection of heart rate work performance curve and myocardial function in exhausting cycle ergometer exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 67, 385-388.
- POKAN,R.; HOFMANN,P.; LEHMANN,M.; LEITNER,H.; EBER,B.; GASSER,R.; SCHWABERGER,G.; SCHMID,P.; KEUL,J.; KLEIN,W. (1995). Heart rate deflection related to lactate performance curve and plasma catecholamine response during incremental cycle ergometer exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 175-179.
- ROBERGS,R.A.; CHWALBINSKA-MONETA,J.; MITCHELL,J.B.; PASCOE,D.D.; HOUMARD,J.; COSTILL,D.L. (1990). Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 446-451.
- RODRIGUEZ,F. (1987). Umbral Anaeróbico y entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 1, 22-32.
- SJODIN,B.; JACOBS,I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2, 23-26.

- TOKMAKIDIS,S.P.; LEGER,L. (1992). Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate threshold points and relationship with performance. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 309-317.
- WAKAYOSHI,K.; YOSHIDA,T.; UDO,M.; HARADA,T.; MORITANI,T.; MUTOH,Y.; MIYASHITA,M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state?. *European Journal of Applied Physiology*, 66, 90-95.
- WASSERMAN,K; MCILROY, M.B.; (1964). "Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise" *American M Cardiology*, 14, 844-852.
- WELTMAN,A; SEIP,R.L.; SNEAD,D.; WELTMAN,Y.J.; HASKVITZ,E.M.; EVANS,W.S.; VELDHUIS,J.D.; ROGOL,A.D. (1992). Exercise training at and above the lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 257-263.