

MODIFICACION DE LOS UMBRALES AERÓBICOS Y ANAERÓBICOS CON EL ENTRENAMIENTO FÍSICO

THE AEROBIC AND ANAEROBIC MANGE CHANGE TO PHYSICAL TRAINING

MONTECINOS ESPINOSA, Roberto
Académico de la Facultad de Salud
Docente de la Cátedra de Fisiología del Ejercicio.

RESUMEN

El trabajo pretende examinar la respuesta del umbral anaeróbico (U.A.) (intensidad de ejercicio a una concentración de lactato venoso de 2,2 mmol/l) y del umbral de rendimiento (U.R.) (intensidad a una concentración de 4,4, mmol/l de lactato venoso) a un período de entrenamiento de resistencia aeróbica en fondistas.

Los resultados expresados tanto en % del consumo máximo de oxígeno, como los expresados en rendimiento físico mostraron aumentos significativos a nivel de U.A. y del U.R.

Los resultados indican que ocho semanas y a intensidades equivalentes a las del U.A., son suficientes para provocar modificaciones significativas en el rendimiento. Estos antecedentes permiten sugerir que el entrenamiento practicado a la intensidad del U.A. es eficaz para eventos de larga duración.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to examine the A.T. anaerobic (onset) threshold response, (intensity of physical exercises with a concentration of venous lactate of 2,2, mmol/l) and P.A.T. Performance threshold (intensity at a concentration of period of aerobic resistance of long distance runners.

The results expressed in % of maximun oxigen consumption as woll as those results expressed in physical performance show significant increase both at the A.T. level and P.T. level.

The results show that eight weeks at equivalent intensit levels are sufficient to cause significant modifications in performance. These data suggest that training practices conducted with an intensity al the A.T. level are effective for long distance events in track and field competition

Introducción

Durante un esfuerzo físico de larga duración la capacidad para efectuar el trabajo depende del sistema transportador de O₂ ($\dot{V}O_2$). El $\dot{V}O_2$ máx representa una medida de capacidad funcional de este sistema, en consecuencia es aceptado como uno de los buenos indicadores de la capacidad para el trabajo de larga duración.

Los programas de entrenamiento físicos aplicados racionalmente, durante un período de tiempo suficiente, producen alteraciones fisiológicas que resultan en mayores capacidades de producción de energía y en un mejoramiento de los desempeños físicos (1). En consecuencia deben verse afectados los factores fisiológicos de los que depende el $\dot{V}O_2$ más (2).

Los efectos del entrenamiento son influenciados por varios factores entre los que se incluyen los estímulos del entrenamiento, la modalidad del ejercicio utilizado durante el programa y las limitaciones genéticas. Estas últimas ejercen influencia en el sentido de determinar la magnitud final del efecto del entrenamiento (2).

Se ha observado que el $\dot{V}O_2$ máx (3), la frecuencia cardíaca máxima(3), los tipos de fibras musculares (4) y la capacidad máxima del sistema del ácido láctico (3) son determinados en gran parte genéticamente.

Klissouras (3) formuló la hipótesis que el principal factor responsable de la variabilidad del $\dot{V}O_2$ máx en poblaciones homogéneas, en las que se mantiene controlados los factores tales como altura, entrenamiento, sexo, edad, es el factor genético. De este modo queda caracterizada la importancia del factor genético en la estructuración del $\dot{V}O_2$ máx.

El hecho de que en la estructuración de esta variable quede caracterizada la importancia genética, a llevado a algunos autores a plantearse ¿Cómo podríamos entonces determinar los niveles de acondicionamiento físico independiente de factores constitucionales, para posibles análisis correctos de los efectos del entrenamiento? (5,6). Es por esto necesario plantear nuevas perspectivas que pudieran ser utilizadas en la solución de esta problemática.

Se ha descrito que los individuos altamente entrenados en modalidades predominantemente aeróbicas son capaces de mantenerse en equilibrio dinámico en porcentajes más elevados de $\dot{V}O_2$ máx que individuos desentrenados, lo que significa que el entrenamiento aeróbico permite al atleta trabajar durante largo tiempo a niveles de consumo más próximos a su $\dot{V}O_2$ máx. Esta capacidad está relacionada al hecho de que el aumento de la producción de ácido láctico (AL) durante el ejercicio ocurre en intensidades de trabajo mucho más elevadas en individuos entrenados (7,8). Así los individuos entrenados aeróbicamente pueden trabajar en un nivel elevado de su $\dot{V}O_2$ máx sin necesidad de producir energía complementaria por la vía glicolítica que, por su capacidad limitada, produce fatiga y en consecuencia disminución del tiempo de duración del ejercicio (7). Precisamente por esto es valioso determinar el momento en el que el metabolismo anaeróbico pasa a participar en una forma más significativa en la liberación de energía. este momento

ha sido definitivo por Wasserman como umbral anaeróbico, es decir, el nivel de trabajo realizado a un porcentaje del $\dot{V}O_2$ máx. en la que el ácido láctico comienza a acumularse en la sangre, causando acidosis metabólica y sus consecuentes alteraciones en el intercambio respiratorio (13,14, 15, 16, 17, 18, 19).-

Skinner y Mc Lellan (11) diferencian tres fases en la transición hacia el metabolismo anaeróbico, las que sirven como base a dos criterios para designar lo que se denomina umbral anaeróbico. Uno que corresponde a una concentración de AL sanguíneo de 2,2 mmol/l (corresponde al umbral anaeróbico propuesto por Wasserman) y otro que se encuentra a una concentración de 4,4 mmol/l (propuesto por MacDougall), este último denominado también umbral del rendimiento o umbral láctico (5,6,11,12, 23,24, 25, 26).

En este estudio seguimos la nomenclatura según la cual denominamos umbral anaeróbico (U.A.) a aquella intensidad de ejercicio en que se logra una concentración de lactato sanguíneo de 2,2 mmol/l y umbral de rendimiento (U.R.) al equivalente a una intensidad de esfuerzo en que la concentración del lactato venoso es de 4.4 mmol/l.

Trabajar a una intensidad de esfuerzo alto, implica acercarse riesgosamente al punto al cual en el cual la acumulación del AL se torna significativa. La determinación de este momento es un tema que preocupa desde algún tiempo, ya que es una variable genéticamente menos dependiente y por lo tanto más objetiva que el $\dot{V}O_2$ máx para determinar el nivel de condición física. La estandarización de un método que permita establecer el momento en que el AL aumenta abruptamente ante un ejercicio de alta intensidad, por saturación de los mecanismos que se encargan de amortiguar a este ácido, permitiría planificar más exactamente los entrenamientos y el ritmo que el sujeto debe mantener en una competencia.

En consecuencia el objetivo de este trabajo fue examinar la respuesta del U.A.. definido como la intensidad del ejercicio en el que se alcanza una concentración de lactato venoso de 2,2 mmol/l y del U.R., intensidad de esfuerzo en que la concentración de lactato venoso es de 4,4 mmol/l , en un periodo de entrenamiento de resistencia aeróbica en deportistas especializados en fondo.

SUJETOS Y MÉTODOS

A diez deportistas de fondo voluntarios, cuya edad, talla y peso se presentan en tabla 1, se le incorporó a un programa de entrenamiento físico previo de 5 meses de duración, el que se sintetiza en la tabla 2. Durante este

período a los sujetos se les evaluó al $\dot{V}O_2$ máx para observar su evolución, el que se resume en la tabla 3. El $\dot{V}O_2$ máx. entre los meses de abril a agosto aumentó notoriamente en los sujetos A.A. (10.5%), C.I. (23.5%) y ME (21.2%), levemente la C.A. (3.9%); en el resto de los voluntarios permaneció prácticamente estacionario.

TABLA 1

CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE UN GRUPO DE VOLUNTARIOS ENTRENADOS A NIVEL DEL UMBRAL ANAEROBICO.

SUJETO	EDAD (Años)	TALLA (cm.)	PESO (kg.)
1. R.F.	20	177	63
2. Q.F.	21	172	66
3. C.J.	24	175	83
4. C.A.	28	172	67
5. F.M.	24	177	68
6. M.E.	23	178	70
7. H.M.	22	167	61
8. R.R.	20	178	78
9. H.A.	26	164	52
10. M.A.	27	171	72
Promedio (X)	23,5	173,1	68
Desv. Est. (D.E.)	2,8	4,8	8,7

El grupo alcanza su mayor valor promedio en agosto, valor que no varía significativamente en septiembre. Como se observa el $\dot{V}O_2$ máx. expresado en ml/kg/min se estabiliza y no continúa aumentando con el entre-

namiento físico. A partir de este momento los voluntarios se incorporan a un programa de entrenamiento a nivel del umbral anaeróbico (U.A.).

TABLA 2

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO FÍSICO PREVIO Y A NIVEL DEL UMBRAL ANAEROBICO (U.A.)

Período	PROGRAMA PREVIO				PROGRAMA A NIVEL U.A.	
	Preliminar	Acumulativo A	Acumulativo B	Intensificación	Transformación	
Duración	2 microciclos	2 mesociclos	2 mesociclos	2 microciclos	2 ciclos	
Volumen	80 kms/ semana	100 kms/semana	120 kms/semana	80 kms/semana	80-100 kms/semana	
Intensidad	70-80% vel. test	70-90% vel. test	70-95% vel. test	75-80% vel. test	80-110% U.A.	
Frecuencia	5	6	7	6	6-7	
Tipo ejercicio	cc 100%	cc 80% CF 20%	cc 70% (R4) CF 30%	cc 80% (70 k) CF 20% (18 k)	cc y CF según tipo A ó B	
Microciclo Típico					Tipo A	Tipo B
L	20 kms al 70%	cc 13 al 80	cc 7 al 70 CF 3 x 2.000 R2'	cc 6 al 75 Cf 15 x 400 R80'	cc 10 al 100% CF 5 x 1.000 al 110% R3'	cc 18 al 100
M	R al 80	cc 10 al 70 CF 5 x 1000 R3'	cc 7 al 70 15 x 500 R2'	cc 18 al 80' CF 4 x 500R3'	cc 4 al 80 CF 15 x 400 al 110	cc 4 al 80 6 al 105
Mi	18 al 75cc 24 al 70%	cc 24 al 75	6 al 75 cc	cc 10 al 80	cc 10 al 100 cc 8 al 100	cc 12 al 100
J	6 al 90	cc 10 al 70% CF 2 x 2000 R4' CF 2 x 500 R2'	cc 7 al 70 CF 9 x 200 R30" 10 x 400 R80" 2 x 800 R120"	5 al 75 cc 10 al 80 cc	cc 4 al 80 cc 8 al 110	cc 4 al 80 6 al 105
V	22 al 70	cc 13 al 80	cc 5 al 70 CF 5 x 10'	cc 6 al 75 CF 10 x 300 R2' 10 x 200 R90'	cc 4 al 80 Recup. 60"	cc 12 al 100
S		cc 5 al 70 Fartlek 30'	cc 22 al 70	cc 22 al 75 cc R al 70	cc 15 al 80	20 al 100

cc = Carrera Continua; CF = Carrera Fraccionada; R = Recuperación

Antes (T1) y después (T2) del período de entrenamiento a nivel del U.A. los sujetos enfrentaron un test de esfuerzo progresivo en treadmill (Quinton Mod. 1860), con un grado de pendiente, hasta el agotamiento. En cada

carga del ejercicio se extrajo una muestra de sangre venosa del brazo. En cada carga se determino la velocidad y al mismo tiempo se midió el $\dot{V}O_2$ por carga en un ergoespirómetro de circuito abierto Jaeger.

TABLA 3
 CONSUMO DE OXIGENO MAXIMO (VO2 MAX) EN ML.KG-1 EN EL LAPSO PREVIO Y EN PERIODO DE ENTRENAMIENTO.

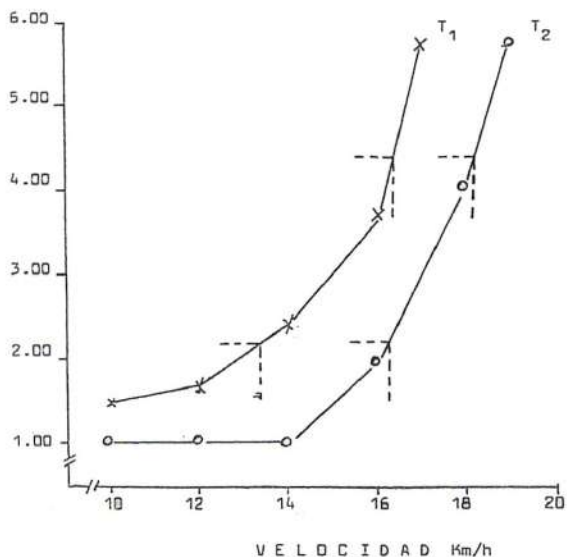
ETAPA PREVIA SUJETOS	PERIODO DE ENTRENAMIENTO				
	ABRIL	JUNIO	AGOSTO	SEPT.	NOV.
R.F.	70.8	67.3	70.9	69.7	70.9
A.A.	64.9	70.5	72.5	67.9	63.0
C.C.	45.0	53.7	55.6	50.7	55.0
C.A.	67.8	68.5	70.5	70.5	71.9
F.M.	72.4	70.4	74.6	72.4	66.6
M.E.	53.2	63.4	64.5	64.4	62.7
H.M.	72.1	70.0	71.5	72.3	66.6
R.R.	66.6	64.2	66.8	58.9	60.2
N.A.	79.5	78.9	79.2	80.9	83.2
M.A.	61.0	62.0	62.7	62.4	64.4
X	65.33	66.89	66.88	67.02	66.45
D.E.	10.08	6.66	6.70	8.37	7.68

El lactato se determinó en el laboratorio por método enzimático y las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro Gilford Mod. 260.

y al U.R. (4.4 mmol/l) se estimó por interpolación de lactato en función de la velocidad (Fig.1). El incremento significativo en el U.A., en el U.R. y en el aumento del performance fue determinado por el método estadístico de t de Student para datos pareados.

La velocidad correspondiente al U.A. (2.2 mmol/l)

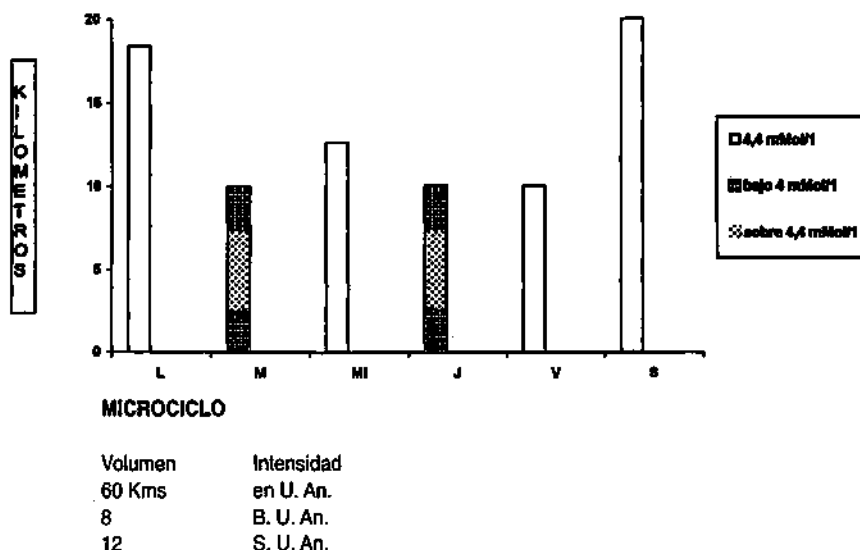
FIGURA 1
 CURVAS DEL ACIDO LACTICO SANGUINEO, ANTES (T1) Y DESPUES (T2) DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO EN UN MISMO SUJETO, PARA DETERMINAR EL PERFORMANCE DEL U.A. Y DEL U.R.



El programa de entrenamiento físico a nivel del U.A. constó de 8 microciclos, a una frecuencia de 6 sesiones semanales y con volumen aproximado de 80 kms por

microciclo. Un resumen de un microciclo típico se presenta en la fig. 2.

FIGURA 2
MICROCICLO TÍPICO DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE DOS MESES CON REFERENCIA AL UMBRAL ANAEROBICO APLICADO A UN GRUPO DE CORREDORES.



RESULTADOS

Los resultados al expresarlos en % del $\dot{V}O_2$ máx (tabla 4), mostraron un aumento significativo del U.A. del 66.2 al 74% y del U.R. del 86.4 al 92.1% ($p < 0.01$).

TABLA 4
CONSUMO DE OXIGENO MAXIMO ($\dot{V}O_2$ MAX.) UMBRAL AEROBICO (U.A.) Y UMBRAL ANAEROBICO (U.A.N.), EXPRESADO EN % DEL $\dot{V}O_2$ MAX. 1/MIN. ANTES (T1) Y DESPUES (T2) DE 2 MESES DE ENTRENAMIENTO A NIVEL DEL U.A.N.

Sujetos	$\dot{V}O_2$ máx. 1/min		$\dot{V}O_2$ máx ml/kg/min		U.A. % $\dot{V}O_2$ máx.		U.A.n % $\dot{V}O_2$ máx.		Análisis de t de Student para datos pareados.
	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	
R.F.	4,39	4,46	68,8	70,9	65,7	76,1	81,4	93,0	$\dot{V}O_2$ máx T ₁ T ₂ U.A. T ₁ T ₂ = p < 0.01 U.A.n. T ₁ T ₂ = p < 0.001
A.A.	4,42	4,16	66,0	63,0	72,3	77,1	86,2	93,0	
C.C.	4,34	4,61	60,6	56,6	58,8	74,1	88,9	93,2	
C.A.	3,97	4,62	56,8	71,9	61,7	53,9	83,1	88,1	
F.M.	4,78	4,53	72,4	66,6	57,5	66,2	71,1	84,8	
M.E.	4,37	4,39	64,4	62,7	62,9	66,3	91,5	89,8	
H.M.	4,62	4,06	75,6	66,6	59,3	68,8	84,4	95,0	
R.R.	4,85	4,89	59,9	61,6	76,2	85,2	92,7	82,7	
H.A.	4,50	4,33	80,9	63,2	74,4	86,4	90,0	84,6	
M.A.	4,66	4,63	62,4	64,4	73,4	87,4	83,2	95,0	
Prom. (X)	4,48	4,47	65,78	66,65	66,24	74,26	86,45	92,10	
Des. Est. (D.E.)	0,25	0,24	9,21	7,46	7,17	10,50	6,74	3,47	

% U.A. T₁ T₂ = 10.7%

% U.A.n. T₁ T₂ = 8.1%

Los resultados expresados en rendimientos físicos significa un incremento de 211.0 +/- 29.7 a 231.3 +/- 34.4 (p<0.001) mts/min corriendo a un nivel del U.A. y de 258.2 +/- 27.8 a 277.2 +/- 31.1 mts/min corriendo a una

velocidad a nivel del U.R. (p<0.001), de modo que el tiempo para correr 1.000 mts. se modificó en la carrera a nivel del U.A. de 4'24" el mil (p<0.01) y de 3'55" el mil corriendo a la intensidad del U.R.

TABLA 5

VELOCIDAD, METROS/MIN, A LA QUE SE PRESENTA EL UMBRAL ANAEROBICO (UA) Y EL UMBRAL DE RENDIMIENTO (UR), ANTES (T1) Y DESPUES (T2) DE DOS MESES DE ENTRETENIMIENTO A NIVEL DEL U.A.

SUJETO	VELOCIDAD (M/MIN)			
	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂
1.-R.F.	228.3	271.7	281.7	303.3
2.-A.A.	231.7	233.3	270.0	283.3
3.-C.J.	166.7	191.3	213.3	235.0
4.-C.A.	185.0	200.0	245.0	270.0
5.-F.M.	195.0	213.3	236.7	265.0
6.-M.E.	193.3	205.0	253.3	256.7
7.-H.M.	205.0	208.3	243.3	245.0
8.-R.R.	206.7	220.0	246.7	270.0
9.-N.A.	271.7	291.7	310.0	338.3
10.-M.A.	226.7	271.7	281.7	305.0
Form. (X)	211.0	231.3	258.2	277.2
Desv. Est. (± E.)	29.7	34.4	27.8	31.3
	%9.62	%7.28		

DISCUSION

Los valores del U.A. y U.R. del 74.2% y del 92.1% son similares a los comunicados en la literatura para corredores de larga distancia.

En ciclistas de alto rendimiento el U.A. se obtuvo una intensidad promedio equivalente al 61% del $\dot{V}O_2$ máx y el se alcanzó a una intensidad equivalente en promedio al 80% del $\dot{V}O_2$ máx (tabla 6). Los valores de estos ciclistas son mas bajos que los comunicados en la literatura para deportistas entrenados en modalidades deportivas predominantemente aeróbicas. De acuerdo a los criterios actuales de entrenamiento físico, este grupo de ciclistas debería entrenar a una intensidad equivalente al

umbral anaeróbico, con el propósito de mejorar su condición física actual.

El trabajo muestra que con el programa de entrenamiento el $\dot{V}O_2$ máx. se estabiliza y deja de aumentar aunque continúe el entrenamiento, lo que no sucede con el U.A., con el U.R. ni con el rendimiento deportivo, los que continúan mejorando. Esto ratifica lo señalado por Donoso (6) que en el sentido de prescribir la intensidad del entrenamiento en términos de una fracción arbitraria del $\dot{V}O_2$ máx. no sería lo más adecuado, debiendo preferirse el U.A. como punto de referencia, el cual se supone es un indicador más sensible a las adaptaciones circula-

torias y metabólicas al ejercicio: (6,13). Una revisión de Davis (20) señala que quizás uno de los aspectos más atractivos del U.A. en las ciencias del ejercicio es su relación con el rendimiento para el trabajo de larga duración.

TABLA 6
VALORES DEL UMBRAL ANAEROBICO (UA) Y UMBRAL DE RENDIMIENTO (UR) EXPRESADOS EN PORCENTAJES DEL CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO.

	U.A.	U.R.
1. Sujetos sedentarios (Davis and Wasserman, 1979) (n=9)	44.4-57%	—
2. Corredores de larga distancia (Kindermann et al, 1980) (n=6)	—	98%
3. Esquiadores (Kindermann et al, 1980) (n=10)	—	85%
4. Corredores de larga distancia (Sjodin et al, 1982) (n=8)	—	81-94% (86.6%)
5. Remeros (Mickelson and Hagerdman, 1982) (n=25)	83.5%	—
6. Maratonistas (Tanaka et al, 1984) (n=12)	75.5%	89.6%
7. Corredores de larga distancia (Tanaka et al, 1984) (n=21)	75%	—
8. Ciclistas de ruta (Montecinos et al, 1987) (n=8)	61%	80%
9. Corredores de fondo (Montecinos et al, 1989)		
Pre-entrenamiento	66.2%	86.4%
Pos-entrenamiento (n=10)	74.2%	92.1%
10. Ciclistas de ruta (Coyle et al, 1988)		
Grupo 1	81.5%	—
Grupo 2	65.8%	—
11. Nadadores (Vago et al, 1987)	55.3%	—

La cuestión clave en el problema energético asociado al ejercicio muscular es el aporte de O₂. El ejercicio físico requiere de un incremento del flujo de oxígeno a las mitocondrias de los músculos activos.

El flujo de oxígeno muscular aumenta aproximadamente 20 veces el valor de reposo durante la caminata, 40 para el trote lento y 60 o más para la carrera. Este aporte de O₂ puede representar una limitante desde el punto de vista energético, tanto porque la vascularización del tejido es insuficiente o porque el tipo de ejercicio es tan intenso, que el requerimiento energético no alcanza a ser cubierto con la fosforilación oxidativa.

En esas circunstancias el músculo echa mano al metabolismo anaeróbico. Esto se acompaña por la conversión de piruvato a lactato en las células musculares, en otras palabras, se sobrepasa el umbral anaeróbico. Como el proceso se realiza en ausencia de O₂ el piruvato no penetra a la mitocondria. Por otra parte el NADH generado por la glicólisis a nivel de las triosas fosfato tampoco es reoxidado a nivel mitocondrial. Así el problema se resuelve simultáneamente por acción de la láctica deshidrogenasa. De este modo la elevación de la concentración intracelular de ácido láctico (AL) se asocia en forma directa con la anaerobiosis. La presencia de un ácido débil en el interior de la célula muscular trae como conse-

cuencia una disminución local del pH celular que inhibe la actividad de muchas enzimas catabólicas (entre otras las glicolíticas), lo que, de prolongarse su efecto, impediría la síntesis de ATP. De este modo la producción de lactato intracelular por parte del músculo se encuentra limitado por sí misma (32).

La célula muscular dispone de dos mecanismos fundamentales para atenuar el efecto deletéreo del ácido láctico (32): el efecto tampón intracelular; y la disponibilidad de enviar rápidamente el lactato a la circulación. Una vez en la circulación el lactato puede metabolizarse siguiendo dos caminos principales: sintetizar glucosa en el hígado a través del proceso gluconeogénico, y generar piruvato y metabolizar éste en el ciclo de Krebs en otros tejidos (musculares), que tengan un mejor aporte de O₂.

Una serie de evidencias han permitido plantear la hipótesis de que el aumento del AL sanguíneo está ligado a déficit en el aporte de oxígeno al o los músculos en trabajo a una cierta intensidad del ejercicio(9); es decir, la concentración sanguínea de AL aumenta porque el proceso de producción muscular de AL se realiza a una velocidad mayor que las posibilidades de remoción con que cuenta el sistema, y por lo tanto el AL empieza a acumularse hasta llegar a niveles significativos que entorpecen el funcionamiento normal de las reacciones bioquímicas liberadoras de energía (10). Se ha encontrado que el lactato se eleva en forma proporcional con el déficit de O₂ (13). Encontrándose que la magnitud del déficit de O₂ correlaciona bien con el aumento del lactato en la sangre.

Entre varios factores para predecir el rendimiento de resistencia aeróbica, tales como economía de la carrera, grasa corporal relativa, $\dot{V}O_2$ máx., % fibras lentas y U.A., la velocidad en treadmill correspondiente al UA fue el que dió mayor correlación (0.98) con el rendimiento de corredores de maratón (27). Se ha encontrado que la velocidad media en carrera fue casi idéntica que la velocidad del UA determina en treadmill (28). También se ha establecido el hecho que entre corredores de fondo, con valores similares de $\dot{V}O_2$ máx., los rendimientos en competencia sean muy diferentes y en cambio presentan una buena correlación con el UA (6).

Estos resultados indican que bastan ocho semanas y una intensidad equivalente al UA para provocar una modificación significativa en los umbrales A y R y en performance. Davis (20), Dwyer (21), Conconi (22) también

reportan que el entrenamiento puede aumentar el UA.

Estos estudios permiten sugerir (5) que el entrenamiento practicado a la intensidad en la que se sitúa el umbral anaeróbico, es el más eficaz para eventos de larga duración. Contrariamente otros autores han indicado que el entrenamiento en intensidad inferior al umbral anaeróbico es el más eficiente para aumentar el performance. Los estudios longitudinales publicados son aún insuficientes para confirmar algunas de estas hipótesis (29). En consecuencia a futuro interesa determinar si la prescripción más óptima de la intensidad de encuentra en el punto del UA o por sobre o debajo de él. Por otra parte, persiste la duda si el entrenamiento de «endurance» induce disminución en la tasa de formación de AL (30) o si su efecto sobre la tasa de clearance del mismo (31).

BIBLIOGRAFÍA

1. Donoso, H.; Quintana G.; Rodríguez, Godoy, G. Cambios en algunas características morfológicas y respuestas funcionales en 11 remeros seleccionados nacionales al término de 8 meses de entrenamiento. Arch. Soc. Chil. Med. Dep. 26 (abril):6-11, 1980
2. Montecinos, R.
Factores que influyen los efectos fisiológicos del entrenamiento físico a nivel cardiorrespiratorio Arch. Biol. Med. Exp. 17:R97, 1984
3. Klissouras, V.
Heritability of adaptative variation. J. Appl. Physiol. 28 (4) : 338-344, 1971
4. Komi, P.; Viitasalo, J. H. et al
Skeletal muscle fibres and muscle enzyme activities in monozygous and dizygous twins of both sexes. Acta Physiol. Scand 100:385-392, 1977.
5. Riveiro, J.P. y De Rose, E.E.
Umbral anaeróbico. Una alternativa en el diagnóstico de la capacidad para realizar ejercicios físicos de larga duración. Arch. Soc. Chil. Med. Dep. (Oct): 18-25, 1981.
6. Donoso, H.; Walter, T.; Nuñez, S et al
Validez del umbral anaeróbico estimado a partir de la respuesta ventilatoria a ejercicios de intensidad creciente en cicloergómetro. Arch. Soc. Chil. Med. Dep. 28 (julio):37-42. 1983.
7. Astrand, P.O. y Rodahl, K.
Textbook of Work Physiology. Mac Graw Hill. N. York, 1977.
8. Costill, D.L.
Metabolic response during distance running. J. Appl. Physiol. 28 (3): 251-255, 1970.
9. Hill, A.V.; Long C.N.H. and Lupton, H.
Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. Part. I The oxygen debt at the end of exercise. Proc. Roy Soc. (London) Series 897:127-137, 1924.
10. Chirtel, S.J.; Barbee, R.W. and Stainsby, W.N.
Net O₂, CO₂ lactate, and acid exchange by muscle during progressive working concentrations. J. Appl. Physiol. 56:161-165, 1984.
11. Skinner, J. And Mc Lellan, T.H.
The transition from aerobic to anaerobic metabolism. Research Quarterly for exercise and Sport 51 (1): 234-248, 1980.
12. Donoso, H.
Umbral anaeróbico. Arch. Soc. Chil. Med. Dep. 27(Oct):108-110, 1982.
13. Wasserman, K.; Whipp, B.J. et al.
Anaerobic Threshold and respiratory gas exchange during exercise. J. Appl. Physiol. 35(2): 236-246, 1973.
14. David, I. A. Vodak, P. Et al.
Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. J. Appl. Physiol. 41 (4): 544-550, 1976.
15. Caizzo, V.J.; Davis, J.A. et al.
A comparison of gas exchange indice used to detect the anaerobic threshold. J. Appl. Physiol. 53:1184-1189, 1982.
16. Yeh, M.P.; Gardner, R.M. et al.
Anaerobic threshold problems of determination and validation. J. Appl. Pshysiol. 55 (4)1178-1186, 1983.
17. Orr, G.W.; Green, H.J. et al.
A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. J. Appl. Pshysiol. 52:1349-1352, 1982.
18. Hagberg, J.M.; Coyle, E.F. et al.
Exercise hyperventilation in patients with Mc Ardle's disease. J. Appl. Physiol. 52:991-994, 1982.
19. Beaver, W.L.; Wasserman, K. Et al.
Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. J. Appl. Pshysiol. 59 (6):1936-1940, 1985.

20. Davis, J.

Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sc. Sports Exerc.* 17 (1): 6-18, 1985.

21. Dwyer, J. And Bybee, R.

Heart rate indices of anaerobic threshold. *Med. Sci. Sport. Exerc.* 15:172, 1982.

22. Conconi, F.

Determination of the Anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J. Appl. Pshysiol.* 52(4):869-873, 1982.

23. Wasserman, K.

The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am. Rev. Respir. Dis.* 129 S:535-540, 1984.

24. Wasserman, K. And Whipp, B.J.

Exercise physiology in health and disease. *An. Rev. Respir. Dis.* 112:219-249, 1975.

25. Davis, J.A.; M.H. et al.

Anaerobic Threshold alteration caused by endurance training in middle-age men. *J. Appl. Physiol.* 46:1039-1046, 1979.

26. Brooks, G.A.

Anaerobic Threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exercise* 17 (1): 22-31, 1985.

27. Farrel, P.A.; Wilmore, J.H. et al.

Plasma lactate acumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports* 11:338-344, 1979.

28. Tanaka, K. And Matsura

Maraton performance, Anaerobic Threshold, and onset of blood lactate acumulation. *J. Appl. Pshysiol.* 57:640-643, 1984.

29. Rivera, M.A.; Metz, K.F. and Robertson, R.J.

Metabolic and performance responses to Anaerobic Threshold and high intensity. *Med. Sci. Sports* 12(2): 125, 1980.

30. Favier, R.J.; S.H. Constable, M. Chen and J.O. Holloszy.

Endurance exercise training reduces lactate production *Am. J. Physiol.* 61 (3): 885-889., 1986.

31. Donavan, C.M. and Brooks, G.A.

Training effects lactate clearance, not lactate production. *Am. J. Pshysiol.* 244 (Endocrinol. Metab. (7):E83-E-92, 1983.

32. Montecinos, R.

Adaptaciones morfofuncionales del músculo esquelético con el entrenamiento. Simposio Aspectos Fisiológicos de la Contracción Muscular. Soc. Chil. De Ciencias Fisiológicas, 29-30 de abril de 1988.