

Direcció General de l'Esport
 Servei de Docència i Investigació
 Centre de Medicina de l'Esport
 i les Activitats Juvenils
 de Barcelona

Valoración clínica del entrenamiento deportivo por determinación del umbral anaerobio.

J.A. Gutiérrez - Rincón J. Comaposada - Pla P. Wildeboer

Resumen

La dificultad que representa la valoración de la efectividad del entrenamiento, en deportistas de élite, con el empleo del coeficiente aerobio, nos plantea el uso de otras variables para dicho control.

En este sentido sobre ocho nadadores de élite, con edad media de 18'5 años, y más de 20 horas de preparación semanales, hemos observado la poca significación en los cambios del $\dot{V}O_2$ máx/kg, en comparación con las variaciones de todos los parámetros en los que se cuantifica el umbral anaerobio, que presentan una positiva correlación, con la mejora de los tests de entrenamiento y del rendimiento deportivo, durante el período de estudio.

Además, iniciamos una metodología probada para objetivar la preparación física hacia una mejora del umbral anaerobio.

Palabras clave: Entrenamiento deportivo. Umbral anaerobio. Natación.

Introducción

En el control y seguimiento médico del entrenamiento de deportistas de alto nivel nos hemos encontrado con que, a lo largo de amplios períodos de preparación, los tests de laboratorio basados en la obtención del cociente aerobio máximo no reflejaban la mejora que subjetivamente, en los tests de entrenamiento y en su rendimiento deportivo, se observaban. Ello nos condujo, en nuestro Centro de Medicina del Deporte de Barcelona, a estudiar la respuesta al entrenamiento de nuestros deportistas, basándonos en la obtención del umbral anaeróbico (U.A.), concepto introdu-

cido por Wasserman y cols. en 1973. Dentro de esta línea de investigación, hemos centrado este trabajo en objetivar la importancia de este parámetro, y en comprobar una metodología de preparación específica dentro de la natación para mejora del mismo.

Material y método

Hemos escogido para este estudio a ocho nadadores del sexo masculino, con actuación deportiva de nivel nacional y edades comprendidas entre 16 y 21 años, con una media de 18'5 y una desviación estándar de $\pm 2'07$.

Para las determinaciones del umbral anaerobio, hemos utilizado un cicloergómetro marca Minjhardt, modelo Kem-2, de freno electromagnético, y para la obtención de los parámetros cardio-respiratorios un analizador de gases de circuito abierto de la casa Minjhardt, modelo Oxicon-4, y un electrocardiógrafo Hellig Ek, 403.

Hemos realizado dos controles con una diferencia en el tiempo de 14 semanas, durante la fase de preparación genérica de los deportistas. Las pruebas de esfuerzo han sido efectuadas en una habitación ventilada entre 18-20 °C de temperatura y con una presión atmosférica y humedad relativa similares.

Se realizó una estabilización basal del atleta durante cinco minutos para comenzar con un período de cuatro minutos de pedaleo en vacío para acomodación al medio de trabajo. Después se realiza un esfuerzo máximo con incrementos de carga de n un período de recuperación estandarizado en diez minutos.

Durante toda la prueba se recogen cada minuto los siguientes parámetros cardio-respiratorios: Fc, FR, VE, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$, R.

Para el cálculo del U.A. se utiliza las curvas de incremento del VE, $\dot{V}CO_2$ y R, determinando el punto en el cual dichos incrementos dejan de ser lineales.

Para la determinación de la deuda de O₂, se utiliza el sumatorio de las diferencias entre el $\dot{V}O_2$ en cada minuto de la recuperación y el $\dot{V}O_2$ basal.

El método de preparación efectuado por los nadadores durante el período de intervalo ha consistido en un trabajo del 35% de la preparación semanal de la siguiente forma:

1. Trabajo continuo: entre Fc del UA y Fc del UA - 15 x'.
2. Trabajo en "interval" con series de esfuerzo entre Fc UA y Fc UA - 10 x', y recuperación hasta Fc UA - 30 x'.
3. Farlek con ritmos de Fc UA - 10 x' y Fc UA - 30 x'.

Todo este entrenamiento sobre el primer estilo de cada nadador está individualizado para cada uno en relación a sus parámetros específicos de frecuencia cardíaca en el punto del umbral anaerobio.

Resultados

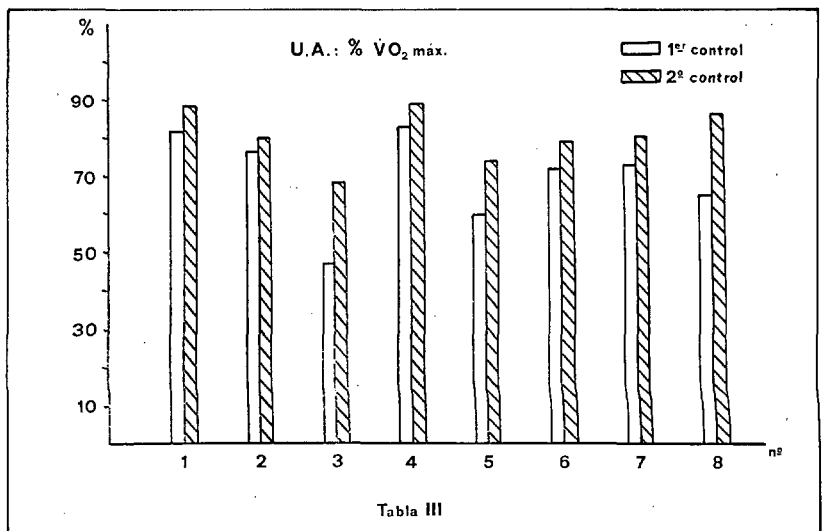
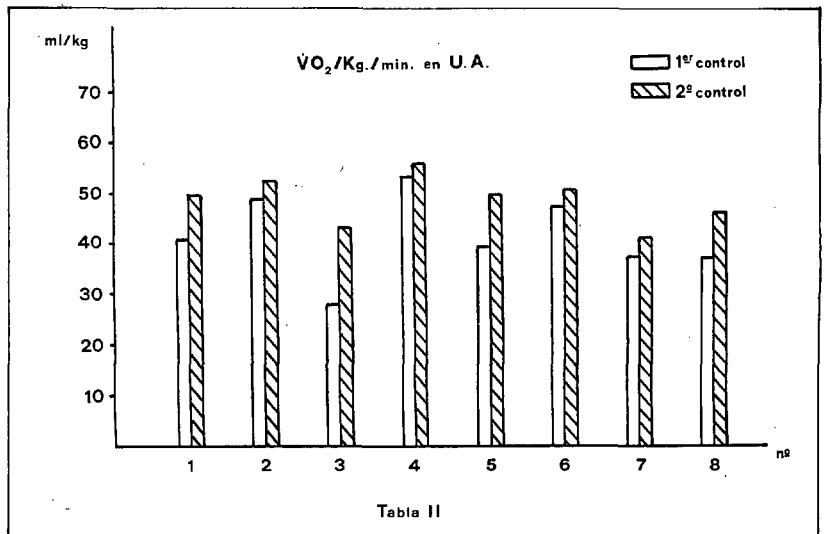
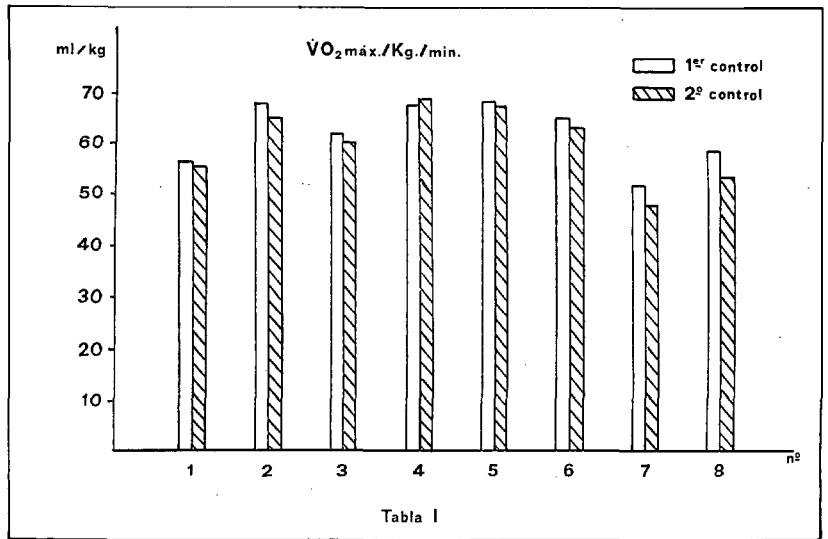
Los parámetros cardio-respiratorios recogidos en los dos controles efectuados con un intervalo de 14 semanas, los hemos relacionado en las siguientes tablas:

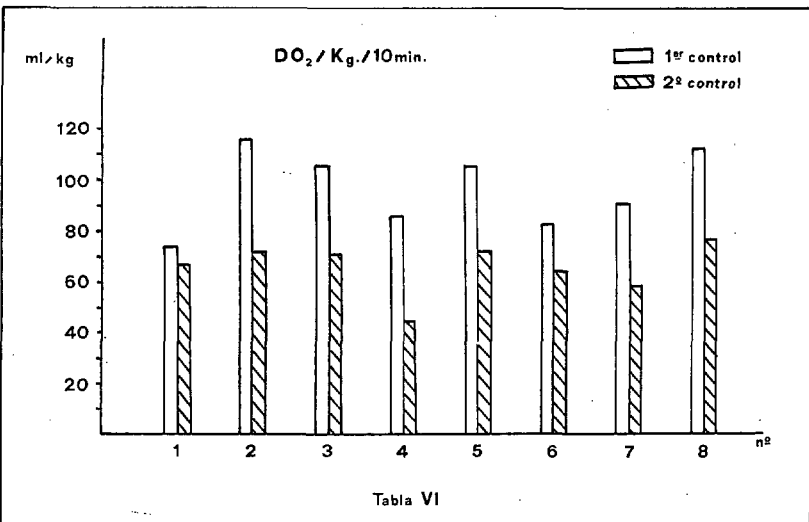
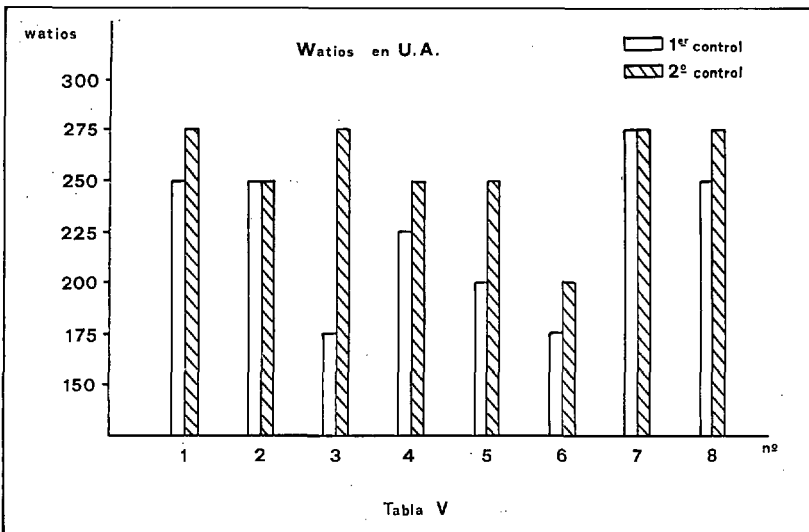
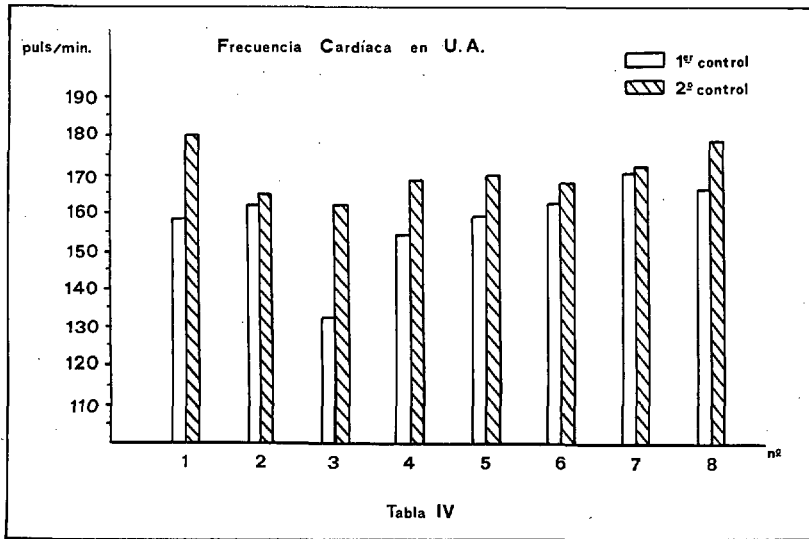
En la tabla nº I, tenemos los valores del consumo máximo de oxígeno por kilogramo de peso recogidos en cada una de las dos pruebas efectuadas.

En la tabla nº II hemos registrado el consumo de oxígeno minuto por kilogramo de peso en el punto específico del umbral anaerobio en cada nadador, también en los dos controles.

Los valores del umbral anaerobio, expresados en porcentaje de consumo máximo de O₂, vienen reflejados en la tabla nº III.

En las tablas nº IV y V, hemos expresado las determinaciones de la frecuencia cardíaca y los watos alcanzados en el punto específico del umbral anaerobio, respectivamente.





En la tabla nº VI, por último, están registrados los valores de la deuda de oxígeno por kilogramo de peso, en los 10 minutos de recuperación de cada una de las pruebas de esfuerzo efectuadas.

Comentario

La comparación de los resultados obtenidos en las dos determinaciones efectuadas, en relación al coeficiente aerobio ($VO_2/kg/min$) (tabla I), demuestra claramente que no hay modificaciones del mismo a pesar de las 14 semanas de trabajo predominantemente aerobio. En siete casos hay una ligera disminución de los valores, y solamente uno ha mejorado su VO_2 máx/kg., debido fundamentalmente a un descenso del peso de 2'400 kg.

Las diferencias entre los dos controles no son estadísticamente significativas, lo cual contrasta con el criterio subjetivo de los nadadores, así como con la mejora marcada de sus tests de entrenamiento y de su rendimiento deportivo.

Al analizar los valores del consumo de O_2 por kilogramo en el punto determinado para el umbral anaerobio (tabla II), si se observan incrementos positivos de los mismos, los cuales son estadísticamente significativos ($p < 0'05$). Esto implica que cualquier nadador del grupo estudiado puede realizar esfuerzo físico estable y prolongado a mayor intensidad que antes de la preparación de estas semanas, por lo que, lógicamente, durante la prueba de esfuerzo disminuirá la cantidad de trabajo anaerobio efectuado. Esto lo comprobamos en la tabla VI, donde los registros de la deuda de O_2 relacionada con el peso en cada uno de los dos controles sufre un descenso estadísticamente muy significativo ($p < 0'001$).

El estudio de las frecuencias cardíacas en las que se concreta

Tabla VII

	1 ^{er} . Control		2 ^o . Control		t
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
$\dot{V}O_2$ máx/Kg/min.	62'06	± 5'65	60'08	± 6'43	0'613
$\dot{V}O_2$ /Kg/min. en UA	41'63	± 7'91	48'78	± 4'90	2'17 (x)
% de $\dot{V}O_2$ máx en UA	69'66	± 12'06	81'11	± 7'20	2'30 (x)
F.c. en UA	158	± 11'52	170'25	± 6'62	2'60 (y)
Wattios en UA	225	± 37'79	259'75	± 25'87	2'15 (x)
DO_2 /Kg/10 min.	96'86	± 15'63	65'60	± 9'94	4'77 (z)

- (x) Significativo al nivel $p < 0'05$
 (y) Significativo al nivel $p < 0'02$
 (z) Significativo al nivel $p < 0'001$

el umbral anaerobio demuestra que, en todos los casos menos uno, han experimentado una diferencia positiva estadísticamente significativa ($p < 0'02$), y este único nadador mantiene su frecuencia cardíaca en las mismas cifras. En los ocho casos estudiados y en los dos controles las frecuencias cardíacas máximas alcanzadas han dado cifras superiores a 190 pulsaciones/minuto.

La cuantificación del umbral anaerobio realizada en porcentajes del coeficiente aerobio máximo también sufre una mejora estadísticamente significativa entre los dos controles ($p < 0'05$).

Comparando estos porcentajes con los expresados por otros autores, observamos que la media de nuestro segundo control \bar{x} : 81'1%, s: ± 7'20, es superior a la que dichos estudios cifran para deportistas bien entrenados (5) y son semejantes a las obtenidas en maratonianos (6, 7). Ello es debido a la semejanza de volúmenes de entrenamiento que existe entre los corredores de largas distancias y la natación en la actualidad.

Asimismo, la comparación de los wattios alcanzados en el pun-

to del UA también presenta cambios significativamente positivos ($p < 0'05$), confirmando la correcta asimilación del entrenamiento y la mejor respuesta cardíaca a las cargas de trabajo impuestas en la segunda prueba realizada.

En cuanto al entrenamiento se ha considerado utilizar un porcentaje del 35% del global de la preparación, suficiente en principio debido al importante volumen de trabajo semanal durante la época en que se efectuó. El trabajo específico efectuado ha consistido en realizar el esfuerzo lo más cerca posible del umbral anaerobio, con control por medio de la frecuencia cardíaca.

Conclusiones

La observación detallada de todos los parámetros comentados demuestra claramente que:

1. No se puede realizar la valoración de la asimilación del entrenamiento, únicamente por la determinación del coeficiente aerobio, en individuos de alto nivel de rendimiento, pues los cambios que se aprecian en di-

cho coeficiente no son significativos. Creemos que esto ocurre en individuos en los que su consumo máximo de O_2 por kilogramo de peso se encuentra en valores de nivel elevado (60 ml/kg/min). En cambio, en atletas de corta edad o que llevan poco tiempo de entrenamiento, sí es significativo el coeficiente aerobio para valorar la preparación física.

2. Los parámetros que sufren unos cambios más significativos en relación a la preparación son los que determinan el punto del umbral anaerobio. Estos cambios tienen una gran correlación con la impresión subjetiva del deportista en cuanto a su forma física, y a la vez con los tests de entrenamiento efectuados por el entrenador (en nuestro estudio con una frecuencia de un mes), y al fin con su rendimiento deportivo.

3. El método de determinación del umbral anaerobio por medios incruentos, más sensible, ha sido en nuestro caso las curvas de incremento no lineal del volumen espiratorio minuto y del volumen de anhídrido carbónico producido por minuto.

4. La búsqueda de un sistema de preparación que tenga una especificidad para la mejora de este umbral anaerobio pasa en principio por la aplicación de un trabajo físico, con una metodología variada, que mantenga la intensidad del entrenamiento en los alrededores de la frecuencia cardíaca del umbral anaerobio, y sin sobrepasarlo.

Bibliografía

1. VENTURA, J.L. "Diferencias en el comportamiento del metabolismo durante una prueba de esfuerzo en sujetos practicantes de diversas modalidades deportivas". Tesis doctoral, 1981.
2. WASSERMAN, K. "Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise". *J. Appl. Physiol.* 34, 1973, p. 236.
3. WASSERMAN, K. y WHIPP, B. "Exercise Physiology in Health and Disease". *A. R. Resp. Dis. Vol 112*, 1975.
4. DONOSO, H. y cols. "Validez del umbral anaeróbico estimado a partir de la respuesta circulatoria a ejercicios de intensidad creciente en cicloergómetro". *Arch. Soc. Chi. Med. D.* 29, 1983, pp. 27-32.
5. ASTRAND, P.O. y RODHAL, R. *Textbook of work physiology*. Mc Graw-Hill. N.Y. 1973.
6. COSTILL, D.L. "Energetics of marathon running". *Med. Sci.* 1, 1969, p. 81.
7. POLLOCK, M.L. "Submaximal and maximal capacity of elite distance runners". *Ann. N.Y. Acad. Sc.* 1977, pp. 301-310.
8. WELTMAN, A. y KATCH, U.L. "Relationship between the onset of metabolic acidosis (anaerobic threshold) and maximal oxygen uptake". *J. Sports Med.* 1979, pp. 19-135.
9. WASSERMAN, K. y Mc ILROY, M.B. "Detecting the threshold of anaerobic metabolism". *Am. J. Cardiol.*, 14, 1964, pp. 844-852.
10. ISSEKUTZ, B. y RODAHL, K. "Respiratory quotient during exercise". *J. Appl. Physiol.* 16, 1961, pp. 606-610.



FLECTOMIN

"BEBIDA ENERGÉTICA
CON ELECTROLITOS"

Siempre en tu mejor forma

COMPOSICION

La composición centesimal en componentes esenciales es la siguiente:

Hidratos de carbono, 80 g;
Substancias minerales:
Sodio 69 mEq/1,60 g;
Potasio 37 mEq/1,44 g;
Magnesio 13 mEq/0,16 g;
Calcio 4 mEq/0,80 g;
Fósforo 0,12 g: único componente
saborizante, limón natural
deshidratado. Valor energético:
100 g. proporcionan 320 calorías.

POSOLOGIA

Disolver una dosis de 20 gramos (un sobre o dos cucharadas soperas) de FLECTOMIN polvo soluble instantáneo en 200 ml (un vaso de agua) de agua fría o incluso caliente (o té). Según la duración, la actividad física y el clima, puede beberse hasta 1 litro por día (5 dosis) o más en casos extremos

PRESENTACION

Polvos, caja con 10 sobres de 20 g. cada uno (10 dosis)
bote con 600 g (30 dosis).

INDICACIONES

Preparado dietético que regula el contenido en agua y electrolitos, reponiendo las sales minerales eliminadas con el sudor. Aporta una fuente adicional de energía en forma de hidratos de carbono digeribles. Recomendado especialmente para deportistas (No produce efecto doping)

LABORATORIO DE
APLICACIONES
FARMACODINAMICAS, S.A.
Grassot, 16 Barcelona, 25