

VO₂max

Umbral ana

En relación al consumo máximo de oxígeno (VO₂max), el umbral anaeróbico (Uan) es probablemente un parámetro mucho menos importante, y totalmente dependiente de él. El umbral anaeróbico siempre se evidencia a una intensidad inferior a la intensidad del VO₂max, así que si tu intensidad a nivel del VO₂max es baja, siempre tu umbral anaeróbico va a estar a una intensidad baja. Por tanto... o mejoras tu VO₂max o la mejora de tu umbral anaeróbico siempre va a estar totalmente limitada.

Verónica Muñoz Rodríguez Licenciada en CC. de la Actividad Física y el Deporte. Entrenadora Superior de Triatlón. Directora técnica del equipo de triatlón Reebok Sports Club.
Iván Rodríguez Hernández Ldo. en CC. de la Actividad Física y el Deporte. Entrenador Superior de Natación y Triatlón. Responsable Entrenamiento Personal en Reebok Sports Club La Finca

Seguro que todos nos hemos realizado alguna vez una prueba de esfuerzo o al menos sabemos en qué consiste. Además de descartar ciertas patologías que impidan el ejercicio, nos sirve para conocer datos importantes de cara al entrenamiento.

Los principales datos obtenidos son:

- **Consumo máximo de oxígeno (VO₂max):** Se trata del máximo volumen de oxígeno que nuestro cuerpo puede transportar y metabolizar, es decir, nuestra máxima capacidad aeróbica. Se expresa en pulsaciones y en intensidad (vatios o velocidad).
- **Umbral anaeróbico (VT2):** Máxima intensidad estable de ejercicio en la que no creamos deuda de oxígeno (transición en metabolismo aeróbico/anaeróbico). Se expresa en pulsaciones, intensidad y porcentaje respecto al VO₂max.
- **Umbral aeróbico (VT1):** Intensidad mínima de trabajo para obtener beneficios directos

con el entrenamiento. Se expresa en pulsaciones, intensidad y % respecto al VO₂max.

Uno de los datos más valiosos es el umbral anaeróbico, ya que se relaciona con el rendimiento en pruebas de fondo y es muy útil para comprobar la adaptación positiva del entrenamiento. Sin embargo, es menos importante de lo que habitualmente se piensa. Todos sabemos que el VO₂max es un valor muy marcado por la genética, pero también es entrenable, incluso algunos estudios han mostrado que a lo largo de varias temporadas se puede incrementar más de un 20% (Baumgartl, 1990). Hay muchos estudios que han investigado el incremento de los umbrales durante la temporada y existe un gran abanico, pero el VT1 o umbral aeróbico oscila entre el 0,5 y el 22% expresado en % del VO₂max. Sin embargo el VT2 o umbral anaeróbico en el estudio más optimista solo consiguió incrementarse un 12,8%. Esto significa que el primer umbral es más entrenable que el segundo.

Ahora vamos a lo práctico, los mejores deportistas son capaces de tener el Umbral Anaeróbico al 92-93% del VO₂max y una persona totalmente sedentaria ligeramente por debajo del 80%. Nuestra experiencia en el centro médico de Reebok Sports Club (OHP) nos ha demostrado que un deportista de élite tiene una gran diferencia con un deportista recreacional medio (alguien que por ejemplo entrena tres días a la semana con alta intensidad realizando un día de *spinning*, otro de carrera y otro de *crossfit*). Existen notables diferencias en el VO₂max, también en el primer umbral, estando los más entrenados en valores de un 70-75% mientras que algunos de estos deportistas recreacionales incluso menos de un 60%. Sin embargo hay muy pocas diferencias en el umbral anaeróbico, ya que la gran mayoría de estos deportistas recreacionales medios se encuentran en valores muy próximos al 85% o incluso más. Es decir, solo tienen un 5-8% de margen de mejora respecto a los mejor entrenados en

VS aeróbico



Los mejores deportistas son capaces de tener el Umbral Anaeróbico al 92-93% del $VO_2\text{max}$ y un deportista recreacional medio aproximadamente en el 85%.

este aspecto. La reflexión es: «si un deportista de bajo nivel y con tan escaso volumen de entrenamiento consigue estar tan cerca de valores de deportistas altamente entrenados, ¿merece la pena entrenar tanto tiempo en estos ritmos?

¿Qué tipo de entrenamiento es más eficaz para mejorar el rendimiento?

Hace muchos años que los grandes campeones entrenan de forma polarizada y cada vez hay más evidencias científicas de los beneficios respecto a entrenamientos en los que se trabaja mucho más la zona del umbral anaeróbico.

Existen estudios que han demostrado que la capacidad aeróbica no sólo mejora entrenando en la zona aeróbica, sino que ésta se ve mejorada al entrenar de forma combinada la zona aeróbica y la zona de $VO_2\text{max}$ y que las respuestas metabólicas que se producen son mayores con este tipo de entrenamiento. Evi-

dentemente, no mejoraríamos entrenando la mayor parte del tiempo en zona de tan alta intensidad, y al plantearnos la cuestión de saber en qué medida hay que entrenar cada zona a la hora de preparar pruebas de larga distancia, la respuesta es la siguiente: combinar 75% de entrenamiento de baja intensidad con 15% de trabajo de $VO_2\text{max}$, mejora el metabolismo aeróbico en deportistas de élite, y por tanto, esta sería, actualmente, la distribución correcta. (P. Laursen, 2010).

Parece ser que la combinación de estos dos tipos de entrenamiento totalmente independientes provoca alguna combinación de ambos que tiende a lograr mejores resultados que utilizar uno solo, y dado que adicionalmente se considera que el entrenamiento de baja intensidad (aproximadamente en la zona del umbral aeróbico) produce una menor perturbación del sistema nervioso autónomo (Sailer y col, 2007), una distribución de tipo polarizada permitiría maximizar el estí-

mulo para inducir adaptaciones aeróbicas con un menor riesgo de sobreentrenamiento. Además de incidir sobre el gen PGC-1alfa, que provoca aumento de la capacidad oxidativa de grasas, biogénesis mitocondrial, transformación de fibras lentas, etc. Incluso en algunas investigaciones se ha llegado a comprobar que parece particularmente efectivo trabajar en una intensidad de aproximadamente un 90% del $VO_2\text{max}$ (Sailer y col, 2011).

¿Cómo se entrena el $VO_2\text{max}$?

Actualmente los métodos de entrenamiento para desarrollar esta capacidad consisten en soportar el mayor tiempo posible en zona de intensidad. Algo que requiere mucha intensidad, esfuerzo y sufrimiento. Normalmente el tiempo límite de permanencia en esta zona máxima es seis a diez minutos para los deportistas de élite y para sujetos sedentarios en muchas ocasiones ni siquiera es posible alcanzar esta zona.

Principalmente la limitación de esta forma de entrenamiento, son los factores periféricos, fatiga muscular y falta de aporte de oxígeno. Por ello, en actividades como el ciclismo, que conlleva mayores limitaciones



importante de cara al rendimiento que el simple $\text{VO}_{2\text{max}}$, ya que incluye el concepto de economía de trabajo (consumir menos oxígeno a la misma intensidad). La propuesta de Billat era realizar series de alta intensidad en la zona de $\text{vVO}_{2\text{max}}$ pero realizando breves descensos de la intensidad en los que debido a la gran deuda de oxígeno creada permitía seguir trabajando a nivel interno en zona de $\text{VO}_{2\text{max}}$. Esta breve pausa permite una pequeña recuperación periférica e incluso un descanso psicológico que nos permitiría continuar trabajando mucho más tiempo y con ello acumular más trabajo en la zona del $\text{VO}_{2\text{max}}$. Las series pueden prolongarse hasta que el deportista no es capaz de llegar a esas intensidades del 90-100% del $\text{vVO}_{2\text{max}}$.

Esta misma autora realizó una prueba de cuatro semanas con un grupo de atletas entrenados, en la que realizaron seis sesiones por semana: cuatro sesiones suaves,

musculares que la carrera, puede suponer una gran dificultad para llegar a trabajarlo a principio de temporada o si el ciclista tiene poco nivel.

Un ejemplo de sesión podría ser la siguiente:

- 15 minutos de calentamiento a 120-130p.m.
- Tres series de cuatro minutos a 170-180p.m. (90-95% $\text{FC}_{\text{máx}}$).
- Tres series de tres minutos a 170-180p.m. (90-95% $\text{FC}_{\text{máx}}$).
- Tres series de dos minutos a 170-180p.m. (90-95% $\text{FC}_{\text{máx}}$).
- Tres series de un minuto a 180-190p.m. (90-100% $\text{FC}_{\text{máx}}$).
- Cuatro minutos de recuperación 120-130p.m. entre series.
- 15 minutos de relajación para terminar, a 120-130p.m.

Métodos más eficaces para entrenar el $\text{VO}_{2\text{max}}$

Véronique Billat es una fisióloga francesa muy reconocida que sobre todo ha investigado el $\text{VO}_{2\text{max}}$. En varias de sus publicaciones científicas ha demostrado que una vez conseguido el $\text{VO}_{2\text{max}}$, éste puede mantenerse en el tiempo a pesar de reducir considerablemente la intensidad (V. Billat y col, 2013). Para entenderlo, antes hay que diferenciar el concepto de $\text{VO}_{2\text{max}}$ del de $\text{vVO}_{2\text{max}}$ o $\text{wVO}_{2\text{max}}$ (intensidad a la que se consigue alcanzar el $\text{VO}_{2\text{max}}$ en un tiempo determinado). Esta medida es incluso más



Podemos utilizar un pulsioxímetro (que determina la saturación de oxígeno en sangre) para saber si hemos superado la zona de transición aeróbica/anaeróbica.

una sesión a ritmo de $\dot{V}O_{2\max}$ y una sesión a nivel de umbral láctico. Al final del mes, el $\dot{V}O_{2\max}$ había aumentado en un 3% y la economía a de carrera en un 6% (V. Billat y col, 1999).

Este tipo de sesiones aumentan la fuerza y potencia muscular que producen una mejora de la economía, pues las células musculares se fortalecen y se necesitan menos fibras para correr a una intensidad determinada, por lo que el gasto energético es menor. También aumenta la respuesta neuromuscular y la coordinación, que reducen el gasto energético.

Beneficios:

- Este método permite trabajar la zona del $VO_{2\max}$ desde el inicio de temporada al implicar menos limitaciones periféricas.
- Conseguimos permanecer más tiempo la zona $VO_{2\max}$ y con mucho menos esfuerzo.
- Puede ser utilizado incluso por deportistas de bajo nivel obteniendo todos sus beneficios.
- Supone una adaptación psicológica progresiva (capacidad de sufrimiento) fundamental para soportar el trabajo en estas zonas de tan alta intensidad.

Ejemplos de entrenamientos y progresiones utilizadas

En Reebok Sports Club llevamos tiempo trabajando mediante el método Billat, pero utilizamos unas pequeñas modificaciones en tiempos de trabajo y recuperaciones en función del nivel del deportista, que nos han dado muy buenos resultados.

La forma más sencilla para determinar esa zona de $\dot{V}O_{2\max}$ o $w\dot{V}O_{2\max}$ es realizar una prueba de esfuerzo máxima y utilizar ese dato como intensidad de trabajo. El problema es que esta zona tiene una mejora relativamente rápida, por lo que hay que incrementarla ligeramente cada 3-5 semanas. Otra opción para conseguir saber si hemos superado la zona de transición aeróbica/anaeróbica (es decir, estamos muy cerca de llegar al $VO_{2\max}$) es utilizando simplemente un pulsioxímetro que determina la saturación de oxígeno en sangre (SO_2).

Miyachi en 1999, intentó comprender las variaciones de la saturación de oxígeno con el ejercicio intenso. Entrenó a seis voluntarios durante 12 semanas, asociando un gru-

Nivel del deportista	Series / recuperaciones
Bajo	Bicicleta tipo Cardgirus con medición de vatios 10-15 x (30" al 90% $w\dot{V}O_{2\max}$ / 30" al 50% del $w\dot{V}O_{2\max}$).
Medio	Cinta Alter G (antigravedad) Dos bloques de 10 x (40" al 95% del $\dot{V}O_{2\max}$ / 20" a la misma velocidad reduciendo un 25% el peso).
Experimentado	Bicicleta tipo Cardgirus con medición de vatios Dos bloques de 10 x (90% del $w\dot{V}O_{2\max}$ / recup. + 80" al 90% del $w\dot{V}O_{2\max}$ / recup. + 70" al 90% del $w\dot{V}O_{2\max}$ / recup. + 60" al 90% del $w\dot{V}O_{2\max}$ / recup. + 50" al 90% del $w\dot{V}O_{2\max}$ / recup. + 40" al 95% del $w\dot{V}O_{2\max}$ / recup. + 30" al 90% del $w\dot{V}O_{2\max}$ / recup.). (La recuperación siempre es 20" al 50% del $VO_{2\max}$)

Tabla 1. Propuestas de métodos para entrenar el $VO_{2\max}$.

Nivel	Corredores	Ciclistas	Nadadores
Bajo	10-15 x (200m 90-95% $\dot{V}O_{2\max}$ / 100m al 50% $\dot{V}O_{2\max}$)	10-12 x (30" 90-95% $w\dot{V}O_{2\max}$ / 30" 50% $w\dot{V}O_{2\max}$)	8-12 x (50m 90-95% $\dot{V}O_{2\max}$ / 30" parado)
Medio	Dos bloques de 10 x (300m 90-95% $\dot{V}O_{2\max}$ / 100m trote 50% $\dot{V}O_{2\max}$)	Dos bloques de 10 x (40" 90-95% $w\dot{V}O_{2\max}$ / 20" 50% $w\dot{V}O_{2\max}$)	Dos bloques de 10 x (50m 90-95% $\dot{V}O_{2\max}$ / 15" parado)
Experimentado	Dos bloques de 15 x (400m 90-95% $\dot{V}O_{2\max}$ / 50m al 50% $\dot{V}O_{2\max}$)	Dos bloques de 12 x (60" al 90-95% $w\dot{V}O_{2\max}$ / 20" al 50% $w\dot{V}O_{2\max}$)	Dos bloques de 12 x (75m 90-95% $\dot{V}O_{2\max}$ / 25m al 50% $\dot{V}O_{2\max}$)

Tabla 2. Propuestas de métodos para entrenar el $VO_{2\max}$.

po control de cinco sujetos no entrenados. Afirmando que los sujetos con menor acondicionamiento aeróbico, sufren mayores desaturaciones de oxígeno al realizar ejercicios intensos. Concluyendo que la desaturación de oxígeno se relaciona con el valor del $VO_{2\max}$ y con el nivel de entrenamiento.

Aunque algunos autores proponen limitaciones en este tipo de medición, nuestra experiencia nos ha permitido comprobar que bajadas de 2-3 puntos en la saturación suponen estar al menos en esa zona ideal de trabajo del 90% del $VO_{2\max}$. Es decir, si en reposo el sujeto tiene una saturación de un 99% y en la recuperación de las series que propone Billat estamos en valores de un 97-96%, podemos estar casi seguros de estar realizando un buen trabajo siempre que no existan problemas respiratorios y hagan caer la saturación por debajo de lo normal. ■ ■ ■ ■ ■ ■

PUNTOS CLAVE

1. Si quieres optimizar el entrenamiento, trabaja como los grandes campeones y utiliza el entrenamiento polarizado.
2. Como hemos visto, entrenar en la zona del umbral anaeróbico tiene unos beneficios limitados.
3. Realiza aproximadamente un 15% del entrenamiento en zona de alta intensidad, el resto de baja intensidad.
4. No es necesario sufrir como los grandes campeones para trabajar el $VO_{2\max}$. Utiliza el método que proponemos para que sea más sencillo y puedas aguantar más tiempo en esta zona.
5. Si no tienes claro cuál es tu intensidad de $VO_{2\max}$, utiliza un pulsioxímetro para confirmarlo.

BIBLIOGRAFÍA

- RUSKO, H. «The effect of training on aerobic power characteristics of young cross-country skiers» (1987).
 MIYACHI, M. y col. «Effects of maximal interval training on arterial oxygen desaturation and ventilation during heavy exercise» (1999).
 BAUMGARTL, P. «Treadmill Ergometry and Heart-Volumes in Elite Biathletes: A Longitudinal Study» (1990).
 LAUSEN, P. «Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?» (2010).
 SAILER, S. y col. «Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects» (2007).
 SAILER, S. y col. «Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration» (2011).
 BILLAT, V. y col. «Interval training at $VO_{2\max}$: Effects on Aerobic Performance and overtraining markers» (1999).
 BILLAT, V. y col. «The sustainability of $VO_{2\max}$: effect of decreasing the workload» (2013).