



NIRS

EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO

Cada vez aparecen más investigaciones mostrando los grandes beneficios del entrenamiento HIT en el rendimiento deportivo y la salud. Sin embargo, es complicado controlar la intensidad con precisión, incluso en investigación se utilizan diversos métodos para cuantificarlo, como el porcentaje de la velocidad/potencia en $VO_{2\text{máx}}$, del FTP o del Máximo Estado Estable de lactato. La necesidad de control de la carga anaeróbica de forma interna es cada vez mas importante y la tecnología NIRS (*Near Infrared Spectroscopy*) permiten realizarlo y además de forma instantánea. Eso sí, vamos a tener que cambiar la mentalidad y casi empezar a aprender de cero para poder sacarle todo el partido.

Iván Rodríguez Hernández Ldo. en CC. de la Actividad Física y del Deporte. Responsable de Reebok Rendimiento. Preparador Físico del equipo ciclista Caja Rural élite y sub-23
Germán Castell Mallen Ldo. En CC. De la Actividad Física y el Deporte. Entrenador de Reebok Rendimiento. Preparador Físico del equipo AEL

Entrenamiento HIT

El entrenamiento HIT (*High Intensity Training*) ha demostrado importantes mejoras en el rendimiento y la salud. En un meta-estudio de Weston (2014) se presentan beneficios sobre patologías como la diabetes, hipertensión arterial, obesidad y síndrome metabólico. Incluso se utiliza con gran éxito en insuficiencia cardíaca y enfermedad coronaria, comprobando mayores beneficios que métodos continuos de menor intensidad (Ellingsen, 2017).

En cuanto a rendimiento hay mucha bibliografía sobre las mejoras de su uso en diversos parámetros. Diferentes protocolos han sido establecidos desde que comenzaron en la década de los 70 con entrenamientos específicos para el atleta Sebastian Coe, diseñados por su padre y entrenador Peter Coe y el fisiólogo sueco Per-Olof Astrand, consistiendo en series de 200m con recuperaciones de 30sg (Seb Coe, 2013). Pero las posibles combinaciones entre intensidad, duración y recuperación son enormes. Además, la dificultad para medir de forma real la intensidad complican el control de este tipo de entrenamiento. Como entrenadores y deportistas tenemos dos grandes problemas, como conocer si el nivel de intensidad es adecuado y qué método elegir.

HIT vs SIT

Dentro de las múltiples opciones de entrenamiento de alta intensidad nos encontramos con dos grandes grupos: HIT y SIT (*Sprint Interval Training*). En ambas existe un punto en común, trabajo por encima del umbral anaeróbico o potencia crítica. De forma sencilla podría definirse como trabajo por encima del punto de máxima intensidad estable realizado por el sistema de producción de energía oxidativo y esto implica una deuda de oxígeno. Pero la intensidad en el entrenamiento SIT siempre es más elevada.

En algunos artículos se han realizado comparativas entre estos protocolos de trabajo. Por ejemplo, Wood (2016) lo hizo con un protocolo HIT de ocho series de 1min al 85%W_{máx} con recuperaciones de 1min al 25%W_{máx}, *versus* un SIT de ocho series de 30sg al 130%W_{máx} con recuperaciones de 90 segundos al 25%W_{máx}. Los efectos fueron muy similares entre ambos, con solo pequeños cambios fisiológicos. En el protocolo HIT se conseguía un mayor consumo de oxígeno, pero en el SIT mayor acu-

mulación de lactato (mayor contribución de fibras rápidas). Curiosamente, a pesar de una mayor percepción de esfuerzo en las primeras sesiones con el entrenamiento SIT, al finalizar el estudio un 50% de los participantes prefería el protocolo HIT y el otro 50% el SIT. La conclusión de estos autores fue que la magnitud de las diferencias en diversos parámetros fue pequeña y la preferencia de ambas modalidades puede depender del individuo.

Otra investigación con remeros (Akca 2015) comparaba los efectos de 4 semanas de entrenamiento HIT (ocho intervalos de 2,5min al 90% de la producción de potencia máxima con 3min de descanso) versus SIT (10 x 30sg al 150% con 4 minutos de descanso). A pe-

Dentro de las múltiples opciones de entrenamiento de alta intensidad nos encontramos con dos grandes grupos: HIT (*High Interval Training*) y SIT (*Sprint Interval Training*).

sar de las aparentes grandes diferencias entre ellos, sobre todo en tiempo de esfuerzo, las variables fisiológicas medidas y el rendimiento final tras el protocolo, fueron muy similares, con mejoras de 5sg en HIT y 5,7 en SIT para una prueba de 2.000m.

Según estas investigaciones y otras cuantas más, los resultados en rendimiento suelen ser pequeños entre ambos protocolos siempre que la carga sea similar. A pesar de las grandes diferencias en intensidad, tiempo de trabajo y series acumuladas.

Control del entrenamiento anaeróbico

Actualmente los deportistas y entrenadores utilizamos dos parámetros para controlar la intensidad anaeróbica:

- **Carga externa:** Utilizando la velocidad o vatios obtenidos en pruebas de esfuerzo, test de campo o potencia crítica de software de vatios, podemos estimar cuándo hemos superado esa frontera fisiológica y comienza el trabajo anaeróbico. Sin embargo, ésta puede variar ligeramente de un día para otro por muchos motivos y esta carga externa no refleja la realidad

de la carga interna que es la realmente importante para conseguir los estímulos necesarios.

Los más afortunados utilizamos software que controlan la carga anaeróbica del entrenamiento. En WKO se valora como Training Impact y se denomina «Anaerobic Score» y en Golden Cheetah «Anaerobic TISS». Pero en cualquiera de las dos se trata de considerar carga anaeróbica a todo lo que haya superado el FTP estimado y esto nos puede llevar a confusiones respecto al efecto real de la sesión. Una de las críticas al control exclusivo de la carga externa es que no tiene en cuenta el efecto de la fatiga acumulada en días previos o incluso si entrenamos en condiciones de carencias

energéticas, grandes diferencias de altura durante el entrenamiento o hasta la deshidratación. Pero incluso estando a nuestro 100%, no tiene el mismo efecto una serie en los primeros 30min que tras 2h de entrenamiento, ni si quiera la primera serie que la cuarta, pero el *software* registrará exactamente lo mismo. Por lo que todos sabemos con seguridad que hay un margen de error.

- **Control de lactato:** Es una herramienta muy utilizada en el mundo del rendimiento, pero además de ser invasiva y no instantánea, puede proporcionarnos errores. En caso de realizar una dieta baja en HC o realizar la medición tras ejercicio extenuante (disminución de las reservas de glucógeno), los valores de lactato pueden disminuir de manera considerable. En el estudio realizado por Ferreira (2014) se pudieron comprobar grandes diferencias realizando pruebas de esfuerzo en condiciones de dieta previa control (60% HC) o *low carb* (30% HC). Los valores de lactato se desplazaban a la derecha (necesitando cargas más elevadas) y además la prueba finalizaba con valores inferiores, a pesar de que la percepción de esfuerzo entre ambas condiciones era idéntica.

La tecnología NIRS permite un control de carga interna de manera instantánea mediante la saturación de oxígeno muscular (SmO_2).



Además, se ha demostrado que la deshidratación puede alterar la concentración de lactato. En estas condiciones el valor de lactato es más elevado como muestra la investigación de Green (2018) en sujetos con un 2% de deshidratación corporal.

NIRS y control de la intensidad

El control de la carga del entrenamiento anaeróbico puede ser una tarea compleja. Podemos distinguir la carga interna, definida como los cambios que produce en el organismo un determinado esfuerzo, de la carga externa, expresada como la cantidad de trabajo realizado (Halsen, 2014). Uno de los retos que persigue la ciencia del entrenamiento moderna es la obtención de valores al instante, al igual que

ocurre con los vatios o los ritmos. Pero estos parámetros indican carga externa y los cambios en el organismo vienen determinados por la carga interna y no siempre correlacionan completamente.

Según Farzam (2018) la tecnología NIRS permite un control de carga interna de manera instantánea mediante la saturación de oxígeno muscular (SmO_2). Cuando la demanda de oxígeno por las mitocondrias es superior a la que puede ofrecer el sistema cardiovascular, se produce una inevitable caída de la curva de saturación de oxígeno muscular. Pero estos cambios de SmO_2 no se producen siempre a la misma intensidad (carga externa), ni de la misma manera (descenso más o menos pronunciado). Por ejemplo, al final de una sesión exigente la desaturación

es mucho más rápida, esto significa que el mismo estímulo externo supone diferentes efectos en el organismo. Todo esto se debe a los cambios fisiológicos que el propio entrenamiento desencadena en el organismo. Es por ello por lo que esta forma de cuantificar la carga nos permite adaptarnos a la situación en la que nos encontramos en cada instante.

Supone un nuevo paradigma en el control del entrenamiento y el objetivo principal del HIT, es conseguir esta desaturación. De este modo, los tiempos de series e intensidades externas pasan a un segundo plano. Incluso las recuperaciones entre series ya no son algo estático, sino variables en función de cómo se reoxigenan nuestros músculos, ya que el consumo de O_2 ,

FC y SmO₂ están muy relacionados (Chang, 2020). Utilizando la SmO₂ somos capaces de adaptar cada serie a cada deportista y circunstancia. Como vimos al inicio los efectos en el rendimiento pueden ser muy similares con el entrenamiento HIT y SIT. Es cierto que el primero supone una mayor demanda cardiovascular y el segundo una mayor implicación mitocondrial, pero las mejoras en el rendimiento pueden ser muy similares si somos capaces de cuantificar de manera correcta con un control real de carga interna. Habrá que esperar a que las futuras investigaciones con este método lo demuestren.

TMS (Training Mitochondrial Score)

A raíz de la utilización de la tecnología NIRS para conocer de manera instantánea la carga de entrenamiento interna, se ha desarrollado un algoritmo de valoración para cuantificarla, basado en la SmO₂ (by MoxZones). Cuando la curva desciende empiezan a sumarse los puntos, ya que las mitocondrias necesitan más oxígeno del que el sistema cardiovascular es capaz de proporcionar y sufren un estímulo muy potente con implicaciones moleculares muy relacionadas con la mejora del rendimiento. Pero si no hay descenso o es muy ligero (normalmente esto ocurre en la zona próxima al FTP), significa que las mitocondrias aún tienen el oxígeno necesario y no hay suficiente estimulación a nivel mitocondrial. De esta forma se pretende establecer un sistema unitario que permita la comparación de entrenamientos de diferente índole en función de la cantidad de desoxi-

genación y del tiempo que permanecen las mitocondrias en situación de carencia de oxígeno.

El algoritmo de TMS se basa en tres aspectos:

1. Disminución de saturación: Diferencia entre saturación al inicio de la serie y al finalizarla.
2. Pendiente de la desaturación: Velocidad a la que se realiza el descenso.
3. Tiempo de desaturación: Tiempo que transcurre desde que la saturación comienza a bajar hasta que comienza a subir (por muy poco que sea), ya que eso implica que la mitocondria demanda menos oxígeno del que está aportando el sistema cardiovascular.

Resumen

- El control del entrenamiento con tecnología NIRS puede solucionar de manera definitiva el control de la intensidad en la

zona anaeróbica, mediante carga interna y además de forma instantánea.

- Utilizando el TMS podremos cuantificar la carga anaeróbica de forma mucho más precisa que con carga externa y controlar el progreso del entrenamiento.
- La investigación realizada sobre esta tecnología es muy escasa y la información difícil de conseguir, pero es una herramienta con gran futuro y en poco tiempo se demostrará su gran utilidad para la mejora del rendimiento y la salud.
- La utilización paralela de TMS y carga externa nos permitirá controlar la progresión del rendimiento anaeróbico. Si existe mejora habrá que entrenar más tiempo o hacerlo más rápido o con más vatios para conseguir el mismo estímulo del pasado.
- Es necesario un poco de tiempo para individualizar el entrenamiento y comprobar cómo cambia la SmO₂ cada día a pesar de utilizar similares cargas externas y darte cuenta de que se relacionan mucho con la percepción de esfuerzo. ■ ■ ■ ■

BIBLIOGRAFÍA

- WESTON K. S. y col. «High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis» (2014).
- ELLINGSEN Ø. y col. «High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction» (2017).
- SEBASTIAN COE. «Running my life, the autobiography» (2013).
- WOOD, K y col. «Dissimilar Physiological and Perceptual Responses Between Sprint Interval Training and High-Intensity Interval Training» (2016).
- VOLLAARD, N. y col. «Effect of number of sprints in a SIT session on change in VO₂max: a meta-analysis» (2017).
- AKCA, F y ARAS, D. «Comparison of Rowing Performance Improvements Following Various High-Intensity Interval Trainings» (2015).
- FERREIRA GA. y col. «Effect of a reduced-CHO diet on the rate of perceived exertion curve during an incremental test» (2014).
- GREEN J.M. y col. «Effects of 2% Dehydration on Lactate Concentration During Constant-Load Cycling» (2018).



MoxZones
Measure your limit

Control de la SmO₂ de cualquier sensor NIRS mediante app para Garmin, visualización y grabación de los datos de la SmO₂ de dispositivos Humon para iOS y Android.

info@moxzones.net
www.moxzones.net