

# **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE MÁXIMA INTENSIDAD EN HIPOXIA (EIMIH) SOBRE ESFUERZOS INTERMITENTES Y SPRINTS REPETIDOS**

Marta Marcos, Alfonso Rodríguez, Fernando Monge,  
Alba Camacho, Marta Camacho y Guillermo Olcina

Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura.

Correspondencia: mmarcosserrano@gmail.com

---

## INTRODUCCIÓN

Desde hace algunas décadas, son varios los métodos de entrenamiento en condiciones de hipoxia o altitud que se han utilizado para mejorar el rendimiento de los deportistas. No obstante, los protocolos empleados iban destinados a deportes aeróbicos o actividades continuas de larga duración. Recientemente, Faiss et al. (2013) aplicaron un novedoso método que une entrenamiento interválico de máxima intensidad con trabajo en hipoxia (EIMIH). Este método no se centra sólo en mejorar el rendimiento aeróbico y, busca la aplicabilidad en deportes de equipo o en esfuerzos intermitentes. Debido a la escasa literatura que evalúa los efectos de este nuevo método, los objetivos de este estudio son analizar las adaptaciones hematológicas y el rendimiento en esfuerzos intermitentes y sprints repetidos tras EIMIH, así como, la duración de las mismas tras un periodo de desentrenamiento.

## MÉTODO

### *Participantes*

La muestra estuvo compuesta por 21 varones (23.5±3.6 años; 1.75±0.05 m.; 71.4±8.1 kg.); divididos aleatoriamente en 3 grupos: control (C); normoxia (N) y, grupo hipoxia (H).

### *Procedimiento*

Tanto el grupo H, como el grupo N, llevaron a cabo un entrenamiento de 2 sesiones por semana hasta un total de 8 sesiones, los entrenamientos fueron realizados en un ciclosimulador con potenciómetro integrado (Cycleops 410 pro) dentro de una tienda de hipoxia (CAT 310). El grupo H estuvo sometido a una fracción de oxígeno inspirado (FiO<sub>2</sub>) de 14,5%, el equivalente a 3400 metros de altitud. La FiO<sub>2</sub> de la tienda fue modificada mediante 3 generadores de hipoxia (CAT-12) y controlada mediante un dispositivo

---

Handi.El grupo N realizó las sesiones en el mismo habitáculo y siguiendo el mismo protocolo que el grupo hipoxia pero, sin la puesta en marcha de los generadores, en normoxia.

Los entrenamientos siempre tuvieron esta estructura: calentamiento, 10' a 120w; parte principal, sprints a máxima intensidad 2x(5x10" recuperando 20"a 120w) recuperando 5' a 120w y una vuelta a la calma de 5' a 120w. Durante éstos se realizaron mediciones de diferentes parámetros: curvas de potencia, frecuencia cardíaca, saturación arterial de oxígeno y percepción subjetiva de esfuerzo.

Los controles realizados para analizar adaptaciones al entrenamiento se realizaron en 4 momentos: familiarización (Fa) 3 días antes del comienzo de los entrenamientos, inicial (I) 1 día antes del comienzo de los entrenamientos, final (F) el día posterior a la finalización de los entrenamientos y tras 2 semanas de desentrenamiento (D).

#### *Variables e instrumentos de medida*

Las variables analizadas fueron, a nivel hematológico: análisis de hematocrito (%) mediante técnicas de centrifugación y de hemoglobina (g/dl) (Hemocue 201+).

A nivel de rendimiento, se realizó test de sprints repetidos de 10" de duración por sprint y, 20" de recuperación hasta la extenuación voluntaria; el calentamiento fue igual al de las sesiones de entrenamiento. Se registró: número de sprints conseguidos, potencia máxima en cada sprint (w), potencia media en cada sprint (w), frecuencia cardíaca máxima y media por sprint (ppm) y, consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub> (ml/kg/min)) con analizador de gases Metamax.

#### RESULTADOS

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente con el programa SPSS versión 20. Se realizó prueba de normalidad con test Kolmogorov-Smirnov para estudiar la distribución de los datos. Al cumplir criterios de normalidad, se realizó una ANOVA de medidas repetidas para ver cambios a lo largo del tiempo y estudiar efectos e interacciones inter-grupos. Se realizaron pruebas post-hoc en aquellas comparaciones donde existían más de 2 grupos. Se consideraron significativas aquellas diferencias con valor  $p < 0.05$ .

En cuanto a los parámetros hematológicos, el grupo C no sufrió ninguna variación, mientras que en el grupo N se encontraron cambios en la hemoglobina (g/dl) comparando I-D [ $14.10 \pm 0.44$  a  $15.05 \pm 0.75^*$ ;  $p < 0.05$ ]. En el grupo H se encontraron también cambios en la hemoglobina (g/dl) comparando I-D [ $14.37 \pm 0.89$  a  $15.84 \pm 0.66^{***}$ ;  $p < 0.001$ ], F-D [ $14.77 \pm 0.77$  a

15.84±0.66\*\*; p<0.005] y en el hematocrito (%) comparando I-D [43.95±2.53 a 46.39±1.12\*; p<0.05], y comparando F-D [43.25±1.90 a 46.39±1.12\*; p<0.05].

En el test de sprints repetidos, no se encontraron cambios en el número de sprints, ni en VO<sub>2</sub>, ni en frecuencia cardíaca. En relación a los parámetros de potencia, en el grupo N existen cambios significativos en la potencia media del sprint 1 [425.0±46.2 a 398.6±57.9\*; p<0.05] y sprint 2 [442.0±89 a 392.0±91.9\*; p<0.05] comparando F-D. También hubo cambios en la potencia media del sprint 4 [383.0±2.8 a 448.5±28.9\*; p<0.05] comparando I-F y [383.0±2.8 a 450.5±55.8\*; p<0.05] comparando I-D.

En el grupo H hubo cambios estadísticamente significativos en la potencia máxima del sprint 1 [805.5±167.8 a 879.3±164.8\*; p<0.05] comparando I-F y en la potencia máxima del sprint 4 [625.2±63.3 a 758.6±189.1\*; p<0.05] y el sprint 5 [659.6±81.3 a 839.6±135.8\*; p<0.05] comparando Fa-D.

No se encuentran diferencias entre grupos respecto al número de sprints, ni en parámetros de potencia, ni de frecuencia cardíaca.

#### DISCUSIÓN

De acuerdo a nuestros resultados, en el grupo N se aprecian mejoras en hemoglobina y hematocrito, lo cual puede ser debido al entrenamiento interválico de alta intensidad HIIT como ocurre en otros estudios (Bloomer&Farney, 2013); al contrario que en Jacobs y cols. (2013) donde estos parámetros no se ven alterados o disminuyen. En el grupo H se producen aumentos mayores de hemoglobina y hematocrito que en el grupo N, sobre todo tras el período de desentrenamiento, probablemente por el programa de entrenamiento intermitente de máxima intensidad junto con el estímulo hipóxico (Esfandiari, Sasson& Goodman, 2012).

Respecto al test de sprints repetidos, se encontraron resultados diferentes a los de Faiss et al. (2013) donde se sí alcanzaban un mayor número de sprints en el grupo H tras el entrenamiento. Probablemente, debido a que en nuestro estudio se buscaba una dosis mínima de entrenamiento efectiva y el número de sesiones de trabajo fue menor.

Por otro lado, los cambios observados en la potencia media de algunos sprints en el grupo N, podrían ser atribuibles a mejoras en el metabolismo láctico teniendo así un efecto el entrenamiento interválico de alta intensidad y, los cambios en la potencia máxima de algunos sprints en el grupo H, podrían estar motivados por una mejora del metabolismo aláctico. A diferencia de nuestros resultados, en Faiss et al. (2013) la potencia media de todos los sprints aumentó en los grupos hipoxia y normoxia entre los test inicial y final, tras una dosis mayor de trabajo y de sesiones de entrenamiento que en nuestro estudio.

Por todo ello, podemos concluir que el entrenamiento de máxima intensidad en hipoxia produjo cambios en los parámetros sanguíneos referentes a la serie roja, aunque no provocó ninguna mejora significativa en los parámetros de potencia y realización de sprints. Un mayor número de investigaciones deben ser realizadas en este sentido para comprobar los efectos de este tipo de entrenamiento.

#### REFERENCIAS

- Bloomer, R. J. & Farney, T. M. (2013). Acute plasma volume change with high-intensity sprint exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2874-2878.
- Esfandiari, S., Sasson, Z. & Goodman, J. (2012). Short-term high-intensity interval training and continuous moderate-intensity training improve maximal aerobic power and diastolic filling during exercise. *Canadian Journal of Cardiology*, 28(5), S180-S180.
- Faiss, R., Leger, B., Vesin, J.-M., Fournier, P.-E., Eggel, Y., Deriaz, O. & Millet, G. P. (2013). Significant Molecular and Systemic Adaptations after Repeated Sprint Training in Hypoxia. *Plos One*, 8(2).
- Jacobs, R. A., Flueck, D., Bonne, T. C., Buergi, S., Christensen, P. M., Toigo, M. & Lundby, C. (2013). Improvements in exercise performance with high-intensity interval training coincide with an increase in skeletal muscle mitochondrial content and function. *Journal of Applied Physiology*, 115(6), 785-793.