

Article

Obtención de Rendimiento Máximo en un Corto Plazo de un Ciclista de Mountain Bike Cross Country de Elite

Bent R. Rønnestad¹, Joar Hansen¹, Geir Vegge¹ y Iñigo Mujika^{b,c}

¹Section for Sport Science, Lillehammer University College, Lillehammer, Norway

²Department of Physiology, Faculty of Medicine and Odontology, University of the Basque Country, Leioa, Spain

³School of Kinesiology and Health Research Center, Faculty of Medicine, Finis Terrae University, Santiago, Chile

RESUMEN

Los atletas de resistencia suelen alcanzar rendimientos máximos con 2-4 semanas de entrenamiento de sobrecarga seguido de 1-3 semanas de puesta a punto. En un cronograma de competencias ajustado, esto podría no ser viable. En este trabajo investigamos el efecto de un período de entrenamiento con sobrecarga de 7 días, que incluyó entrenamiento aeróbico de alta intensidad diario, seguido de una puesta a punto step taper de 5 días entre dos competencias en un ciclista de montaña modalidad cross country de élite. El consumo máximo de oxígeno fue de 89 ml kg⁻¹ min⁻¹, la potencia aeróbica máxima fue 6,8 W kg⁻¹, la producción de potencia en una concentración de lactato sanguíneo de 2 mmol L⁻¹ fue 3,9 W kg⁻¹, la fuerza isométrica máxima fue 180 Nm y el salto desde sentadillas fue de 21 cm. Durante la sobrecarga, el bienestar percibido en las piernas pasó de normal a muy pesado. El día 1 después del entrenamiento con sobrecarga, la actividad EMG de los músculos vasto lateral y vasto medial se redujo 3 % y 7%, respectivamente. Otros parámetros determinados al inicio del estudio disminuyeron 3-7 %. El día 4 de la puesta a punto, el ciclista sentía sus piernas muy bien y todas las medidas fueron 3-7 % superiores a las medidas obtenidas antes de realizar el entrenamiento con sobrecarga. El día 6 después de la puesta a punto, el ciclista sentía sus piernas muy bien. Este caso demuestra que un ciclista de montaña modalidad cross country de élite (obtuvo el puesto 11 en la Copa del Mundo UCI una semana antes de las mediciones pre-test) pudo lograr una supercompensación bastante grande usando un protocolo de rendimiento máximo de 12 días.

INTRODUCCIÓN

La optimización de la carga de entrenamiento antes de eventos importantes durante la temporada de competencias es de gran importancia para asegurar el máximo rendimiento (Mujika, 2010). Un enfoque habitual para la búsqueda del máximo rendimiento es realizar 2-4 semanas de entrenamiento de sobrecarga seguido por un período de 1-3 semanas de entrenamiento con carga reducida llamado puesta a punto (Hellard et al., 2013). Sin embargo, cuando se tiene un cronograma de competencias estricto, este enfoque podría no ser viable. De hecho, un estudio reciente que describe las variaciones de entrenamiento a lo largo del ciclo anual de Campeonatos Olímpicos y Mundiales de esquiadores de fondo y biatletas reveló que los atletas que deban competir repetidamente durante varias semanas o meses, pueden no ser capaces de aplicar estrategias de entrenamiento de sobrecarga seguido por una puesta a punto tal como lo establecen las

recomendaciones de la literatura (Tønnessen et al., 2014). En función de esto, realizamos este estudio con un joven ciclista de montaña de élite, y analizamos el efecto de una variante más corta del protocolo de sobrecarga y de puesta a punto recomendado entre dos competiciones, que consistió en un período de sobrecarga de 7 días seguido por un período de puesta a punto de 5 días.

El estímulo de entrenamiento durante el período de sobrecarga se basó en los supuestos de que los atletas de resistencia bien entrenados (1) necesitan una concentración relativamente grande del estímulo para lograr mejoras en el rendimiento (Breil, Weber, Koller, Hoppeler y Vogt, 2010; Isurin 2010; Rønnestad, Hansen, & Ellefsen, 2014a), (2) necesitan entrenamiento aeróbico de alta intensidad (HIT) para lograr mejoras en el rendimiento (Midgley, McNaughton, & Wilkinson, 2006) y (3) experimentan mejoras en el rendimiento mayores después de realizar HIT con intervalos cortos que después de realizar HIT con intervalos más largos (Rønnestad, Hansen, Vegge, Tønnessen, & Slettaløkken, 2014b). Se eligió una puesta a punto tipo *step taper* para aumentar la probabilidad de recuperación y la supercompensación que se ya se había observado en el sexto día después del período de sobrecarga (Pyne, Mujika, & Reilly, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Enfoque Experimental del Problema

El objetivo principal del presente estudio fue investigar cómo un corto periodo de sobrecarga de 7 días seguido de una puesta a punto de tipo *step taper* de 5 días afectaría los parámetros fisiológicos y de rendimiento en un ciclista joven de *mountain bike cross country* de elite. El período de sobrecarga de 7 días consistió en una sesión diaria de HIT, y luego se realizó una puesta a punto hasta la competencia fijada para el 6to día después de la última sesión de HIT. Se midió el desarrollo de la fuerza isométrica máxima durante la extensión de rodilla en posición sentados con un ángulo de rodilla de 90° (MVC90°), la altura de salto desde sentadillas (SJ) y la producción de potencia en una concentración de lactato sanguíneo de 2 mmol L⁻¹ (Potencia_{2la}) antes del período de entrenamiento con sobrecarga, antes de la 5ª sesión de HIT, y en los días 1 y 4 de la puesta a punto. La potencia aeróbica máxima (W_{max}), el VO_{2max} y la actividad EMG en los músculos vasto lateral (VL) y vasto medial (VM) durante una prueba de esfuerzo progresiva hasta el agotamiento se midieron en los mismos puntos de tiempo que la Potencia_{2la}, excepto en la sesión 5 de HIT. Se registró el índice de esfuerzo percibido (escala 6-20, RPE) y el RPE de la sesión (escala 1-10) en cada sesión de HIT. La sensación percibida de bienestar en las piernas se registró todos los días, comenzando antes del test (pre-test) y finalizando en la competencia final (escala 1-9, Figura 2). Para tener en cuenta la vulnerabilidad de la deriva en los aparatos de evaluación y los posibles efectos de aprendizaje, un ciclista entrenado (1,86 m, 83 kg) continuó su entrenamiento regular y realizó las mismas pruebas que el sujeto del estudio.

Participante

El ciclista de *mountain bike cross country* de élite de 18 años (1,71 m, 59 kg) fue campeón general de la Copa de Noruega el año en que se realizó el estudio y finalizó 11º en la clase junior de la UCI World Cup una semana antes de que se iniciara el estudio (comenzó en agosto). Durante la temporada previa a las determinaciones pre-test, el ciclista realizó ~ 800 h de entrenamiento. La duración y distribución en diferentes zonas de intensidad del entrenamiento semanal (zona 1: 60-82% de HR_{max}, zona 2: 83-87% de HR_{max}, zona 3: 88-100% de HR_{max}) durante las últimas 8 semanas antes del estudio (pre-test) se presentan en la Figura 1. El volumen total de entrenamiento en unidades arbitrarias (au) se calculó como el tiempo transcurrido en las zonas de intensidad 1, 2 y 3 multiplicado por un factor de 1, 2 ó 3, respectivamente (Lucia, Hoyos, Santalla, Earnest, y Chicharro, 2003). Tanto el ciclista de élite como el ciclista control dieron su consentimiento informado por escrito para participar en el estudio, que fue aprobado por el comité de ética de la institución cumpliendo con lo establecido en la Declaración de Helsinki.

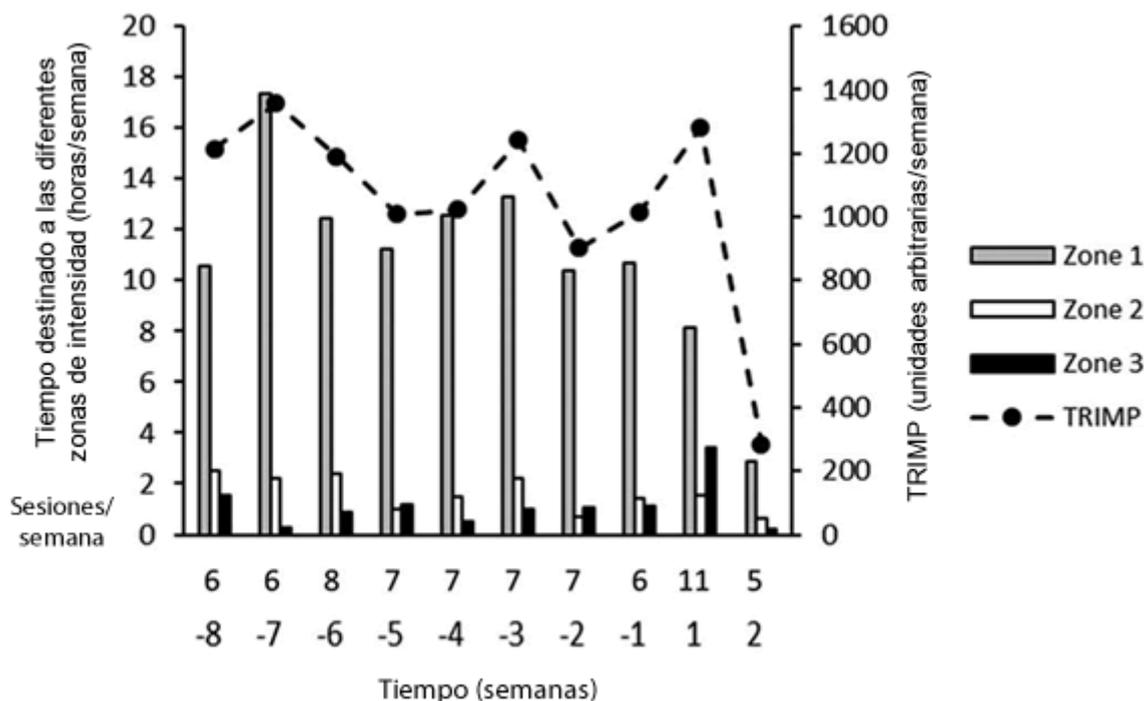


Figura 1. Carga de entrenamiento semanal durante las 8 semanas previas al pre-test (semana -8 a -1), durante el período de entrenamiento con sobrecarga (semana 1) y durante el período de puesta a punto (semana 2). La figura muestra el tiempo destinado a las diferentes zonas de intensidad (columnas) y la carga de entrenamiento total (TRIMP, círculos negros).

PROCEDIMIENTOS

Período de Entrenamiento con Sobrecarga y Período de Puesta a Punto

Todas las sesiones de HIT consistieron en 3 series de 9,5 min de intervalos de trabajo de 30 s intercalados con un período de recuperación de 15 s y una recuperación entre series de 3 min (Rønnestad et al., 2014a). El objetivo fue obtener la producción de potencia media más alta posible en las tres series. La producción de potencia durante la recuperación fue del 50% de la correspondiente a los intervalos de trabajo. Las sesiones de HIT fueron intercaladas con cuatro sesiones de ciclismo de baja intensidad de 1,2-1,5 h en la zona 1. Durante la puesta a punto de 5 días, el volumen de entrenamiento total se redujo un 78% en comparación con el período de sobrecarga (Figura 1).

Pruebas

Cada prueba fue estandarizada para el consumo de alimentos y cafeína, temperatura, momento del día en que se realizó el test, ajustes de la bicicleta y entrada en calor. Todas las pruebas de ciclismo se realizaron en una bicicleta ergométrica *Lode Excalibur Sport* (Lode B. V., Groningen, Holanda). Cada sesión de prueba comenzó con una entrada en calor, previamente se evaluó el MVC90° de la pierna dominante en un dinamómetro Cybex 6000 (Lumex, Ronkonkoma, NY, EE.UU.). Cuatro intentos de entrada en calor fueron seguidos por dos intentos de esfuerzo máximo separados por 60 s. Después de 2 minutos de recuperación, se realizaron cinco intentos de SJ. Para los análisis se utilizaron los mejores intentos MVC90° y SJ. Posteriormente, se determinó la Potencia2la⁻ graficando la [la-] en función de la producción de potencia durante un ejercicio de ciclismo incremental continuo submáximo (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010). El test de ciclismo comenzó con 5 min de pedaleo a 125 W, seguidos por incrementos de 50 W cada 5 min. Se extrajo sangre de la punta de un dedo al final de cada serie de 5 minutos y se analizó la concentración de lactato en sangre total usando un analizador portátil de lactato (Lactate Pro LT-1710, Arcray Inc. Kyoto, Japón). El test finalizó cuando se alcanzaba una [la-] de 2 mmol L⁻¹ o superior. Después de 5 minutos de recuperación, se realizó un test incremental para la determinación de VO_{2max}. En este test, el sujeto pedaleó 1 min con una producción de potencia correspondiente a 3 W.kg⁻¹ (redondeando al valor más cercano a 50 W). La producción de potencia se incrementó 25 W cada minuto hasta el agotamiento. El VO_{2max} se calculó como el promedio entre las dos mediciones más altas de VO₂ durante 30 s. El VO₂ se midió utilizando un sistema

metabólico computarizado con cámara de mezcla (Oxycon Pro, Erich Jaeger, Hoechberg, Alemania) que fue sometido a procedimientos de calibración estándar. La W_{max} se calculó como la producción de potencia media durante el último minuto del test incremental.

La actividad de EMG del VM y del VL derechos se registró simultáneamente mediante un sistema inalámbrico Telemyo DTS (Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, EE.UU.). Se siguieron las recomendaciones de Seniam para la colocación de los electrodos (<http://seniam.org/>). Se usaron electrodos de superficie doble con una distancia entre los electrodos de 20 mm y la ubicación de los mismos se marcó con un marcador permanente. Las señales EMG fueron muestreadas a 1500 Hz y fueron filtradas con filtros altos y bajos (frecuencias de corte de 10 Hz y 500 Hz, respectivamente). Los datos EMG durante el protocolo del test de esfuerzo progresivo fueron integrados (iEMGmean) durante un período continuo de 30 s en cada producción de potencia. Todos los procedimientos de evaluación fueron los mismos tanto para el ciclista de élite como para el ciclista que se desempeñó como control.

Análisis Estadísticos

Como se trata de un estudio de caso, todos los datos de entrenamiento y evaluación se presentan únicamente a través de estadísticos descriptivos.

RESULTADOS

En las determinaciones realizadas antes de realizar el test (pre-test), el VO_{2max} del ciclista de élite fue de $89 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, $W_{max}=6,8 \text{ W kg}^{-1}$, $Power_{2la-}=3,9 \text{ W kg}^{-1}$, $MVC_{90^\circ}=180 \text{ Nm}$ y $SJ=20,6 \text{ cm}$. Los valores para el ciclista control fueron $63 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$, $4,9 \text{ W kg}^{-1}$, $2,4 \text{ W kg}^{-1}$, 250 Nm y $31,6 \text{ cm}$, respectivamente. Todas las mediciones adicionales del ciclista control se ubicaron dentro de un intervalo de -1 a 1% con respecto a los valores obtenidos al inicio del estudio (pre test) (Figura 3 (c, d)), lo que indica que el equipamiento para el test y los procedimientos eran confiables y el nivel de aptitud del ciclista control era estable.

El ciclista de élite tuvo una percepción de sus piernas como gradualmente más pesadas durante el período de sobrecarga. Todas las sesiones de HIT finalizaron con un índice de esfuerzo percibido (RPE) de 19-20 y un RPE de sesión mayormente en 7-8 (Figura 2). En el día 1 de la puesta a punto, se observó una disminución en la actividad iEMGmedia tanto para el VM como para el VL (Figura 3 (a, b)) y en el rendimiento en todas las mediciones excepto en la $Power_{2la-}$ (Figura 2). El día 4 de la puesta a punto, el ciclista de élite sintió que sus piernas estaban bien, y las actividades iEMGmedias de VM y VL fueron iguales o inferiores a los valores pre-test (Figura 3 (a, b)). Todas las otras mediciones fueron 3-7% más altas que en pre-test (Figura 2). Dos días después de la última prueba (es decir, el día 6 después del período de sobrecarga), el ciclista sentía que sus piernas estaban aún mejor y alcanzó su mayor brecha ganadora de la temporada en la Copa Nacional (2,5 minutos).

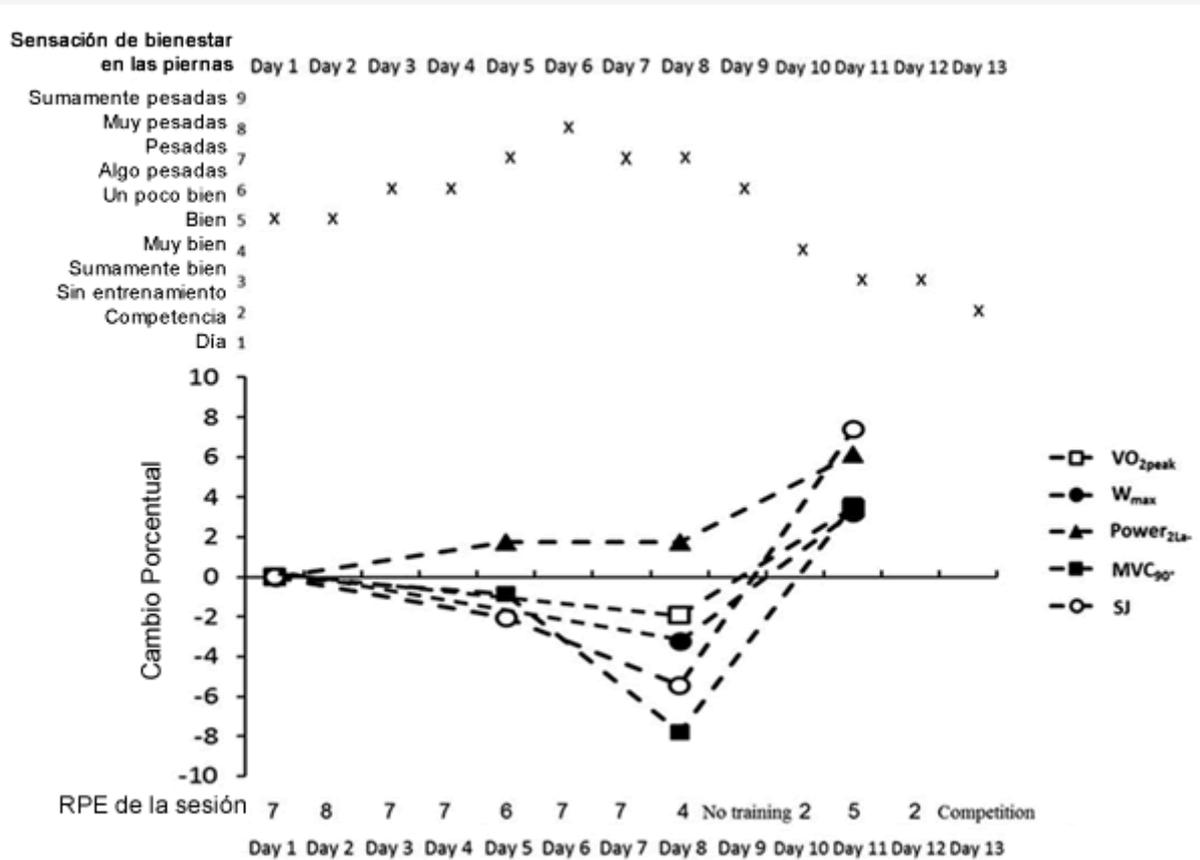


Figura 2. Cambio porcentual en el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), potencia aeróbica máxima (W_{max}), producción de potencia en una concentración de lactato sanguínea de 2 mmol L^{-1} ($Power_{2LA}$), fuerza isométrica máxima (MVC_{90°) y salto desde sentadillas (SJ) desde el inicio de estudio (pre-test) hasta el 5º día del período de sobrecarga (día 5), 1º (día 8) y 4º día (día 11) después del período de sobrecarga. Además, se presenta la el registro diario de la sensación percibida de bienestar en las piernas y el índice de esfuerzo percibido de la sesión de esfuerzo (RPE de la sesión) desde el inicio del estudio o pre-test (día 1) hasta el sexto día después del período de sobrecarga (día 13).

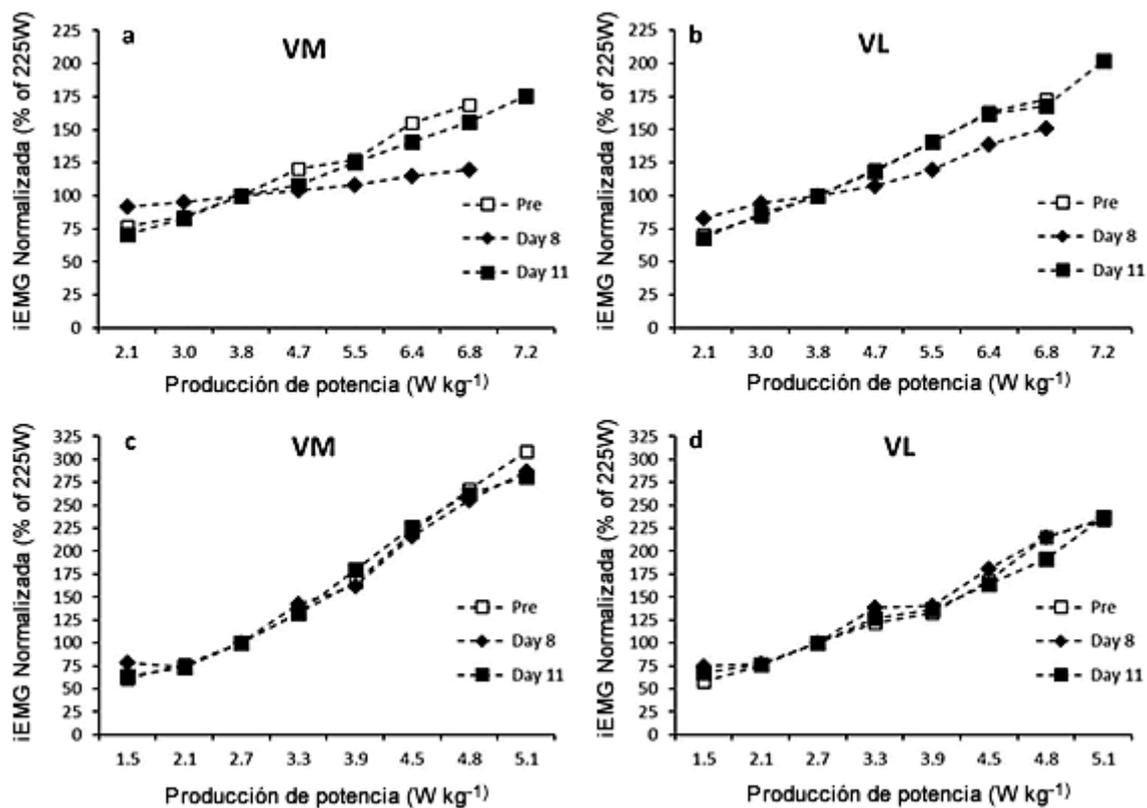


Figura 3. Nivel de actividad muscular (iEMG) de los músculos Vasto medial (VM) y Vasto lateral (VL) en diferentes producciones de potencia durante una prueba de esfuerzo progresiva hasta el agotamiento antes del estudio (Pre), y durante el 1er y el 4to día después del período de sobrecarga (día 8 y día 11, respectivamente) en el ciclista de élite (paneles a y b). Los paneles c y d presentan los datos pertenecientes al ciclista que se desempeñó como control quien continuó su entrenamiento normal y realizó las pruebas en los mismos momentos que el ciclista de élite.

DISCUSIÓN

Este estudio de caso proporciona un protocolo máximo de corto plazo para los atletas de resistencia de élite que enfrentan competencias seguidas. El volumen de entrenamiento total durante el período de sobrecarga fue similar al de las 8 semanas anteriores, pero el tiempo en la zona de alta intensidad 3 fue más de tres veces más largo. El RPE de la sesión y el bienestar de las piernas sugirieron un estado de sobreentrenamiento a corto plazo funcional. Durante la puesta a punto, todos los parámetros medidos mejoraron en comparación con los valores obtenidos antes del período de sobrecarga. El presente estudio coincide con lo observado en un estudio reciente que demostró que un período de sobrecarga puede aumentar el rendimiento después de la puesta a punto subsiguiente (Aubry, Hausswirth, Louis, Coutts y Le Meur, 2014). Notablemente, ese estudio indicó que la disminución en el rendimiento después de la sobrecarga se asoció con una mejora menor en el rendimiento posterior. Durante el período de sobrecarga, el ciclista de élite presentó una modesta reducción del 3-7% en la mayoría de las mediciones, pero la mayor reducción se observó en las características contráctiles de los músculos mientras que la menor reducción se observó en las características específicas del ciclismo. Sin embargo, en el cuarto día después del período de sobrecarga, se observó un notable aumento del 3-7% con respecto a los valores pre-test. Estas diferentes observaciones podrían estar en parte relacionadas con el período de sobrecarga más corto, con las diferencias en la distribución de la intensidad de entrenamiento durante el período de sobrecarga y con el mayor nivel de rendimiento en el presente caso. Los atletas de élite podrían necesitar una mayor sobrecarga de HIT para lograr una supercompensación posterior; por lo tanto, una pequeña reducción en el rendimiento puede no ser evitable. El ciclista control se mantuvo estable en todas sus pruebas durante el periodo de sobrecarga y de puesta a punto del ciclista de élite (un rango de -1 a 1% con respecto a los valores iniciales), lo que indica que el equipo de prueba, los procedimientos de prueba y el ciclista control tenían un alto nivel de reproducibilidad. Esto sugiere que los cambios observados en el ciclista de élite se debieron a la sobrecarga añadida y al posterior período de puesta a punto. Sin embargo, no es posible generalizar una recomendación basada en este solo estudio de caso. Por ejemplo, en un estudio reciente se informó que las

características de entrenamiento de un grupo de atletas de esquí de fondo y de biatlón que eran campeones mundiales, se ajustaban a un modelo de periodización tradicional, pero el volumen absoluto de HIT se mantuvo estable a lo largo de las diferentes fases de entrenamiento previas a las competencias principales. Por otra parte, los patrones de entrenamiento HIT tienden a ser más polarizados en la fase de competencia (Tønnessen et al., 2014). En este estudio de caso también se utilizó una polarización distinta del patrón de entrenamiento HIT durante el período de sobrecarga

Los atletas tienen que encontrar su estímulo óptimo individual durante el período de sobrecarga y el patrón de recuperación posterior para optimizar su preparación para competencias importantes. Tal como lo afirma Kiely (2012), la aplicación de metodologías de entrenamiento generales podría no ser la metodología de entrenamiento más apropiada, ya que las respuestas de entrenamiento varían entre los diferentes deportes, entre eventos específicos dentro de un deporte y entre los atletas individuales que se preparan para un evento en particular. Por lo tanto, la prescripción del entrenamiento debe ser realineada con la práctica de la elite contemporánea y con los modelos conceptuales modernos basados en la ciencia; un modelo conceptual contra el cual se contextualicen las experiencias, observaciones, datos y decisiones, y en donde se maneje de manera efectiva la información que constantemente va surgiendo (Kiely, 2012).

El presente caso demuestra una gran supercompensación y un máximo rendimiento a corto plazo a pesar del alto nivel de aptitud y rendimiento, usando un protocolo de sobrecarga y puesta a punto de 13 días.

Implicaciones Prácticas

Sobre la base de los resultados obtenidos en este solo estudio de caso, podríamos indicar que un protocolo de sobrecarga y de puesta a punto de corta duración puede mejorar la aptitud física en un ciclista de élite. Este protocolo puede ser un punto de partida cuando los atletas disponen de un corto período (p. Ej., 2 semanas) para alcanzar un máximo rendimiento antes de una competición importante. El presente protocolo máximo consistió en un período de sobrecarga de 7 días con sesiones diarias de HIT de 30-15 s seguidas por una puesta a punto de tipo *step taper* de 5 días. Es importante destacar que es difícil generalizar los resultados del presente caso y recomendamos a los atletas que realicen una revisión detallada de cuales serían sus planes de sobrecarga y de puesta a punto óptimos.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los dos ciclistas y a sus entrenadores por su gran cooperación. No se recibieron fondos para este trabajo.

Declaración de Divulgación

Los autores no declararon ningún conflicto potencial de interés.

Fondos

No se recibieron fondos para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Aubry, A., Hausswirth, C., Louis, J., Coutts, A. J., & Le Meur, Y. (2014). Functional overreaching: The key to peak performance during the taper? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46, 1769-1777. doi:10.1249/MSS.0000000000000301
2. Breil, F. A., Weber, S. N., Koller, S., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2010). Block training periodization in alpine skiing: Effects of 11-day HIT on VO₂max and performance. *European Journal of Applied Physiology*, 109, 1077- 1086. doi:10.1007/s00421-010-1455-1
3. Hellard, P., Avalos, M., Hausswirth, C., Pyne, D., Toussaint, J. F., & Mujika, I. (2013). Identifying optimal overload and taper in elite swimmers over time. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 668-678.
4. Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine*, 40, 189-206. doi:10.2165/11319770-000000000-00000
5. Kiely, J. (2012). Periodization paradigms in the 21st century: Evidence-led or tradition-driven? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 242-250.
6. Lucia, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C., & Chicharro, J. L. (2003). Tour de France versus Vuelta a España: Which is harder? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 872-878. doi:10.1249/01. MSS.0000064999.82036.B4
7. Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners?: Empirical research findings, current opinions, phy-siological rationale and practical recommendations. *Sports Medicine*, 36, 117-132. doi:10.2165/00007256-200636020-00003
8. Mujika, I. (2010). Intense training: The key to optimal performance before and during the taper. *Scandinavian Journal of Medicine*

- & *Science in Sports*, 20(Suppl 2), 24-31. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01189.x
9. Pyne, D. B., Mujika, I., & Reilly, T. (2009). Peaking for optimal performance: Research limitations and future directions. *Journal of Sports Sciences*, 27, 195-202. doi:10.1080/02640410802509136
 10. Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 108, 965-975. doi:10.1007/s00421-009-1307-z
 11. Rønnestad, B. R., Hansen, J., & Ellefsen, S. (2014a). Block periodization of high-intensity aerobic intervals provides superior training effects in trained cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24, 34-42. doi:10.1111/j.1600-0838.2012.01485.x
 12. Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., Tønnessen, E., & Slettaløkken, G. (2014b). Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists - An effort-matched approach. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, [Epub ahead of print]. doi:10.1111/sms.12165
 13. Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: Training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS ONE*, 9, e101796. doi:10.1371/journal.pone.0101796

Cita Original

Bent R. Rønnestad, Joar Hansen, Geir Vegge and Iñigo Mujika (2016): Short term performance peaking in an elite cross-country mountain biker. *Journal of Sports Sciences*, Aug 1:1-4. DOI: 10.1080/02640414.2016.1215503