PubliCE, (PubliCE) 2005

Research

La Combinación de Entrenamiento de Fuerza Explosivo y de Entrenamiento Intervalado Alta Intensidad Mejora el Rendimiento en Ciclistas de Nivel Competitivo

Carl D Paton[1] y Will G Hopkins[2]

[1]*The Center for Sport and Exercise Science, The Waikato Institute of Technology, Hamilton, Nueva Zelanda.*
[2]*Department of Sport and Recreation, Auckland University of Technology, Auckaland, Nueva Zelanda.*

RESUMEN

En diferentes estudios recientes, los atletas experimentaron ganancias substanciales en el rendimiento de esprint y de resistencia cuando fue adicionado entrenamiento explosivo o entrenamiento intervalado de alta intensidad en la fase no competitiva de la temporada. Aquí nosotros reportamos el efecto de combinar estos dos tipos de entrenamiento sobre el rendimiento en la fase competitiva. Asignamos aleatoriamente a 18 ciclistas de ruta a un grupo experimental (n=9) o control (n=9) durante 4-5 semanas de entrenamiento. El grupo experimental reemplazó parte de su entrenamiento habitual con 12 sesiones de 30 minutos que consistían de 3 series de saltos explosivos con una pierna (20 para cada pierna) alternados con 3 series de esprints de ciclismo de alta intensidad (5 x 30 segundos a 60-70 min^{-1} con 30 segundos de recuperación entre las repeticiones). Las mediciones de rendimiento, obtenidas a través de 2-3 días en una bicicleta ergométrica, antes y después de la intervención, fueron la potencia media en una prueba por tiempo de 1 y 4 Km., la potencia pico en un test incremental, y el perfil de potencia láctica y el costo de oxígeno determinado a partir de dos cargas de trabajo submáximas fijas. El grupo control mostró un cambio medio pequeño en el rendimiento. La producción de potencia registrada en los esprints del grupo experimental indicó una meseta en el efecto de entrenamiento después de 8-12 sesiones. En relación al grupo control, los cambios medios (límites de confianza de ±90%) en el grupo experimental fueron: potencia en 1Km., 8.7% (±2.5%); potencia en 4 Km., 8.1% (±4.1%); potencia pico, 6.8% (±3.6); perfil de potencia láctica, 3.7% (±4.8%); y costo de oxígeno, -3.0% (±2.6%). Las respuestas individuales al entrenamiento fueron aparentes solo para los 4Km. y para el perfil de potencia láctica (desvíos estándar de 2.5% y 2.8%, respectivamente). La adición de entrenamiento explosivo y entrenamiento intervalado de alta intensidad a los programas de ciclistas bien entrenados produce grandes ganancias en el rendimiento de esprint y de resistencia, en parte a través de mejoras en la eficiencia de los ejercicios y del umbral anaeróbico.

Palabras Clave: atleta, eficiencia, resistencia, potencia pico, prueba por tiempo

INTRODUCCION

Los científicos del deporte y los entrenadores usan un tiempo substancial y métodos de entrenamiento investigados que pueden incrementar la aptitud física y el rendimiento de atletas de resistencia de nivel competitivo. Particularmente dos métodos de entrenamiento que han recibido considerable atención son el entrenamiento intervalado de alta intensidad y el entrenamiento de la fuerza.

La mayoría de los atletas de resistencia usan al entrenamiento intervalado de alta intensidad en algún punto de sus programas; sin embargo, sorprendentemente hay pocas investigaciones publicadas acerca del tipo de entrenamiento intervalado que es más efectivo. En un estudio que usó 5 intensidades de ciclismo intervalado (80-175% de la producción de potencia aeróbica pico) Stepto et al. (16) reportaron que intervalos submáximos de larga duración e intervalos supramáximos de corta duración proporcionaron mejoras similares (2.6%) en el rendimiento en una prueba de ciclismo por tiempo de 40 Km. En un estudio similar, Laursen et al. (11) hallaron que 3 rutinas de entrenamiento intervalado diferentes producían incrementos similares en la potencia media (5.3-6.6 %) en una prueba por tiempo de ciclismo de 40 Km. luego de 8 sesiones de entrenamiento. En un estudio posterior, Laursen et al. (10) reportaron incrementos de 4.7% en la potencia pico y en la potencia del umbral ventilatorio de ciclistas entrenados después de completar 4 sesiones intervaladas de alta intensidad.

Aunque es evidente que el entrenamiento intervalado de alta intensidad es beneficioso para los atletas de resistencia, los efectos del entrenamiento de fuerza tradicional han sido poco concluyentes. 12 semanas de entrenamiento de fuerza tradicional para el tren inferior adicionados a un programa de entrenamiento de resistencia en curso perjudicó la potencia media en una prueba por tiempo de 60 minutos en un 1.8% en ciclistas mujeres (4). En otros estudios, el entrenamiento de la fuerza de tipo explosivo pareció ser beneficioso. Hoff y colaboradores reportaron que 9 semanas de entrenamiento de la fuerza explosivo para el tren superior incrementó el tiempo hasta el agotamiento en esquí de fondo simulado (6, 7, 13); las ganancias fueron equivalentes a 2.5% cuando se convirtieron a cambios en la potencia media usando los métodos de Hopkins et al. (9).

También han sido reportadas mejoras en el tiempo de carrera de 5 Km. de 5% luego de un período de entrenamiento de fuerza explosivo específico para el deporte en corredores de cross-country (14). También ha sido demostrado que reemplazar una parte del entrenamiento de resistencia normal con entrenamiento de fuerza explosivo puede ser positivo para los ciclistas de nivel competitivo. Bastiaans et al. (2), reportaron mejoras no significativas, pero dignas de consideración en forma práctica de 3% en el rendimiento en una prueba por tiempo de 60 minutos luego de 9 semanas de entrenamiento de la fuerza explosivo con ciclistas bien entrenados. Sus datos también mostraron un incremento en la producción de potencia media en un esprint de 30 segundos de 4.2% para el grupo entrenado explosivamente, mientras que el grupo control presentó una disminución de 6%.

Aunque el entrenamiento intervalado de alta intensidad y de tipo explosivo parecen beneficiar el rendimiento atlético cuando se los usa independientemente, ningún autor ha investigado los efectos de la combinación de estos 2 tipos de entrenamiento. Además, una inquietud planteada en todos los estudios previos es que el entrenamiento intervalado de alta intensidad fue realizado en fases no competitivas, cuando hay poco o nada de otro entrenamiento de alta intensidad. Se sabe bien que los atletas incrementan la intensidad del entrenamiento de resistencia para mejorar el rendimiento en las fases competitivas de la temporada. De este modo está poco claro a partir de estudios previos si el entrenamiento de alta intensidad merece el esfuerzo, debido a que puede no producir ninguna ganancia extra en el rendimiento cuando el atleta ya está entrenando en forma intensa para las competiciones. De este modo en el presente estudio, hemos evaluado los efectos de reemplazar una parte del entrenamiento de resistencia normal con sesiones combinando entrenamiento intervalado de alta intensidad y entrenamiento explosivo en la parte competitiva de la temporada de los ciclistas.

METODOS

Enfoque Experimental del Problema

El estudio fue una prueba controlada en la cual los sujetos fueron asignados a un grupo experimental o a un grupo control en base a la potencia pico a partir del test de ejercicio incremental preentrenamiento. Los sujetos realizaron una serie de tests de rendimiento de ejercicio en la semana antes y después del período de entrenamiento de 4 a 5 semanas.

Sujetos

Veinte ciclistas varones con un mínimo de 3 años de experiencia competitiva se ofrecieron voluntariamente para este estudio, el cual fue aprobado por el comité de ética del instituto. Después de ser informados acerca de cualquier riesgo asociado con la participación, cada sujeto dio su consentimiento informado por escrito. El estudio fue realizado durante la fase competitiva principal de la temporada después de que los ciclistas habían completado 3-5 meses de entrenamiento básico específico para el deporte y pre-competitivo. Todos los ciclistas estaban en un estado bien entrenado y estaban compitiendo en pruebas por tiempo o contrarreloj y competiciones de ruta al nivel amateur más alto (grado A de Nueva Zelanda), por lo menos una vez por semana durante la duración del estudio. Un número de ciclistas había representado a Nueva Zelanda en competiciones internacionales. Ninguno de los ciclistas había participado en programas de entrenamiento de sobrecarga en los 6 meses anteriores al estudio. Dos ciclistas no terminaron el estudio: Uno se fue a vivir a otra región y otro tuvo un accidente durante el entrenamiento. Las características y el rendimiento de ejercicio en la condición inicial de los 18 ciclistas que completaron el estudio son presentadas en la Tabla 1.

Tests de Rendimiento de Ejercicio

Todos los ciclistas habían participado previamente en evaluaciones de laboratorio en bicicleta ergométrica y estaban familiarizados con los procedimientos antes de comenzar el estudio. Los ciclistas se reportaron a un laboratorio con temperatura controlada (20ºC) en 2 ocasiones a través de un período de 4 días para realizar, un test incremental de ejercicio para determinar la producción de potencia pico, una prueba por tiempo de 4 Km., un test submáximo de 2 etapas para determinar el consumo de oxígeno y la concentración de lactato, y una prueba por tiempo de 1 Km. Todos los test fueron realizados en la bicicleta de ruta del ciclista montada en un ergómetro frenado por viento (Kingcycle Mk3, Kingcycle, High Wycombe, Reino Unido), el cual fue calibrado de acuerdo a los procedimientos recomendados por el fabricante. Una falla intermitente, la cual resultó en fluctuaciones en la producción de potencia de varios puntos porcentuales, fue notada en los primeros posttests. Cuando esta falla fue detectada como un sensor de temperatura que funcionaba mal en la interfase del ergómetro, nosotros realizamos todos los test subsiguientes en un ergómetro Kingcycle de modelo más antiguo (Mk1) sin corrección de temperatura.

Los ciclistas fueron instruidos para abstenerse de realizar actividad física intensa por 24 horas y de comer durante las 3 horas anteriores a las pruebas de rendimiento.

Inicialmente los ciclistas realizaron una entrada en calor de 5 minutos a una intensidad seleccionada por ellos mismos, luego realizaron 5 minutos a una potencia de 100 W. Luego, la producción de potencia fue continuamente incrementada a una tasa de 33 $W.min^{-1}$ hasta que el ciclista alcanzara el agotamiento volitivo. La producción de potencia pico fue definida como la producción de potencia media más alta en 60 segundos alcanzada durante el test.

Veinte minutos después de completar el test de potencia pico, los ciclistas realizaron una prueba por tiempo de 4 Km. de esfuerzo máximo para determinar la producción de potencia media. El test comenzó con una cuenta regresiva de 2 minutos, durante la cual se les pidió a los ciclistas que mantuviesen una producción de potencia constante de 50 W. Luego se les pidió a los ciclistas que completaran la prueba por tiempo tan rápido como fuera posible. La única información disponible para los ciclistas durante la prueba por tiempo fue el porcentaje de la distancia restante.

En el segundo día de evaluación y después de completar el mismo procedimiento de entrada en calor como fue previamente descrito, los ciclistas completaron un test submáximo de 2 etapas. Cada etapa duró 5 minutos a producciones de potencia equivalentes al 60 y 80% de su potencia pico pretest. Durante el test, el consumo de oxígeno fue continuamente medido con un sistema metabólico calibrado (Vmax29, SensorMedics, Yorba, CA). Fue tomada una muestra de sangre capilar de la punta de los dedos durante los últimos 15 segundos de cada etapa y esta muestra de sangre fue inmediatamente analizada para determinar lactato sanguíneo usando un analizador automático (YSI 1500 Sport, Yellow Springs, OH).

A partir del test submáximo fueron derivadas dos mediciones de rendimiento. Para cada ciclista, el costo de oxígeno del ejercicio, expresado en litros de oxígeno cada 100 W, fue calculado para cada último minuto de cada una de las dos etapas, y luego fue promediado. Una medición que representaba el desplazamiento horizontal del perfil del lactato fue derivada de la siguiente forma: Nosotros asumimos una relación log-log entre la concentración de lactato y la producción de potencia (3). Nosotros usamos la función de crecimiento en el programa Microsoft Excel para ajustar líneas rectas a los puntos de lactato pre y postentrenamiento y derivamos los porcentajes de desplazamiento en el perfil de lactato usando la media de 5 segmentos equidistantes para las concentraciones de lactato superpuestas entre los tests. El cambio pre a posttest en el perfil del lactato representa el desplazamiento en la potencia media y es análogo al cambio en la potencia umbral a 4 mM de lactato. Nosotros también derivamos la potencia umbral a 4 mM de lactato a partir de nuestros datos, pero su error de medición fue sustancialmente mayor que el del perfil de potencia láctica.

Veinte minutos después de completar el test submáximo, los ciclistas realizaron una prueba por tiempo de 1 Km. de esfuerzo máximo para determinar la producción de potencia media. Los procedimientos para este test fueron similares a

los de la prueba por tiempo de 4 Km.

Entrenamiento

Fue requerido que todos los ciclistas mantuvieran un registro de su entrenamiento semanal y horas de competición durante la duración del estudio. El grupo control fue instruido para continuar con su entrenamiento existente o planeado y con el programa de competiciones. El grupo experimental continuó con su programa de competiciones, pero reemplazaron parte de su entrenamiento usual con 12 sesiones de 30 minutos de una combinación de series de entrenamiento intervalado de alta intensidad y entrenamiento explosivo. El entrenamiento experimental fue realizado en un laboratorio con ambiente controlado bajo la supervisión de un entrenador de ciclismo. Las sesiones de entrenamiento fueron precedidas y seguidas de una entrada en calor y una vuelta a la calma de 10 minutos a una intensidad seleccionada por el ciclista. Cada sesión fue realizada 2-3 veces por semana, dependiendo de la disponibilidad del ciclista, y consistía de 3 series de saltos con una sola pierna con esfuerzo máximo alternados con 3 series de esfuerzos de ciclismo de máxima intensidad. La fase de salto del entrenamiento requirió que los sujetos realizaran 20 saltos explosivos a una caja de 40 cm. Los saltos fueron completados para la pierna derecha y la pierna izquierda de manera consecutiva, y repetidos a través de un período de 2 minutos. La fase de ciclismo requirió que los ciclistas completaran 5 esfuerzos de ciclismo de intensidad máxima de 30 segundos a 60-70 min^{-1} con una pausa de 30 segundos entre las repeticiones. Un período de transición de 2 minutos separó cada serie de ciclismo y de saltos. Las series de ciclismo fueron realizadas en bicicletas de competición (Giant Corporation, Taiwan) equipadas con dispositivos que permitían medir la potencia en las palancas (SRMpro, Schoberer-Rad-Messtechnik, Konigskamp, Alemania) y conectadas a ergómetros frenados magnéticamente (CS1000, Catete, Osaka, Japón). El dispositivo SRM cranksets fue programado para medir potencia media cada 2 segundos.

Análisis Estadísticos

Las estadísticas del grupo son presentadas como media±desvío estándar. Los efectos del entrenamiento y sus límites de confianza del 90% fueron estimados con una hoja de cálculo (8) por medio de un test t de varianzas desiguales, y de esto modo se calcularon los valores de los cambios entre los pre y posttests de los 2 grupos. Cada valor de cambio del sujeto fue expresado como porcentaje del valor de la condición inicial por medio del análisis de los valores transformados a logaritmo, con el objetivo de reducir el sesgo producido por la no uniformidad del error. Los errores de medición y las respuestas individuales expresadas como coeficientes de variación también fueron estimados con la hoja de cálculo. Además, la hoja de cálculo determinó los cambios de que los efectos verdaderos son substanciales cuando es ingresado un valor para el menor cambio significativo. Nosotros usamos un valor de 1% para las mediciones de rendimiento, debido a que este valor representa el menor aumento significativo para los ciclistas competitivos en los eventos de pista y por tiempo (15). Nosotros también asumimos que 1% fue el menor cambio significativo en el consumo de oxígeno y en perfil de potencia láctica, porque un cambio de 1% en estas mediciones produciría un cambio de 1% en el rendimiento de resistencia en la ausencia de otros factores que afecten el rendimiento. No sabemos como un cambio en la masa corporal afectaría el rendimiento de ciclismo, por lo que elegimos unidades estandarizadas de 0.20 (cambio en la media dividido por el desvío estándar en el pretest) como el menor cambio significativo (5).

RESULTADOS

Entrenamiento

El tiempo gastado en el entrenamiento/competición durante el período experimental del estudio fue 12.9±3.3 $h.semana^{-1}$ y 11.6±2.1 $h.semana^{-1}$ para el grupo control y experimental, respectivamente. La Figura 1 muestra el transcurso de tiempo del cambio en la potencia media de 30 segundos a través de cada sesión de entrenamiento. Hubo un gran incremento (5%) en la potencia media en 30 segundos entre las primeras 2 sesiones de entrenamiento. Entre las sesiones 2 y 12 hubo un incremento de 9% en la potencia de 30 segundos.

Efectos sobre el Rendimiento

La Tabla 2 muestra los cambios medios en el test de rendimiento y las mediciones fisiológicas para los grupos experimental y control, y las estadísticas para la diferencia en los cambios. Hubo efectos beneficiosos claros en todas las mediciones de rendimiento en las pruebas por tiempo y en el test incremental. Los efectos sobre el costo de oxígeno y el perfil de potencia láctica fueron beneficiosos, pero menos claros. El efecto sobre la masa corporal fue trivial.

Los desvíos estándar representando a las respuestas individuales observadas en el rendimiento fueron para la potencia media en 1 Km., -1.3% (-3.5-3.1%); para la potencia media en 4 Km., 2.5% (-4.6-6.0%); para la potencia pico, -2.7%

(-5.2-3.8%); para el perfil de potencia láctica, 2.8% (-5.4-7.0%); y para el costo de oxígeno, -1.5% (-3.7-3.0). Cualquier variación entre los individuos, representada por el DS positivo, fue pequeña relativa al efecto medio del entrenamiento experimental mostrado en la Tabla 2. La incertidumbre en tanto el DS positivo y negativo permitió en la mayoría de los casos alcanzar respuestas individuales modestas para todas las mediciones, relativo a los efectos medios. El error estándar observado de las mediciones para las mediciones experimentales fue para la potencia media en 1Km., 2.3%; para la potencia media en 4 Km., 3.3%; para la potencia pico, 3.4%; para el perfil de potencia láctica, 3.9%; y para el costo de oxígeno, 2.4%. Los límites de confianza de 90% para los errores verdaderos fueron x/÷ 1.55 para todas las mediciones.

	Control (n=9)	Experimental (n=9)
Edad (años)	29.2±8.4	24.6±5.7
Masa Corporal (kg)	77.5±8.1	74.7±7.1
Talla (m)	1.81±0.06	1.80±0.05
Entrenamiento (h.semana-1)	13.1±3.1	12.2±1.4
Potencia Media en 1km (W.kg-1)	7.3±0.8	7.4±0.4
Potencia Media en 4km (W.kg-1)	5.4±0.6	5.0±0.6
Potencia Pico (W.kg-1)	6.2±0.5	6.0±0.6
Costo de Oxígeno (L.100 W-1)	1.28±0.07	1.25±0.06
Perfil de la Potencia Láctica (%)†	68.3±2.2	67.0±2.6

Tabla 1. *Características y mediciones en la condición inicial de rendimiento de los ciclistas en los dos grupos de entrenamiento. Los datos son presentados como media±desvío estándar. † Porcentaje de la potencia pico*

	Cambio (%)			Cambios en donde las diferencias verdaderas son substanciales	
	Experimental	Control	Diferencia; ±90% CL	%	Cualitativo
Potencia media en 1km	8.7	0.0	8.7; ±2.5	>99.9	Casi cierto
Potencia media en 4km	8.4	0.3	8.1; ±4.1	99.5	Casi cierto
Potencia pico	6.7	-0.1	6.8; ±3.6	99.3	Casi cierto
Costo de oxígeno	-3.2	-0.2	-3.0; ±2.6	91	Probable
Perfil de la Potencia Láctica	5.5	1.7	3.7; ±4.8	83	Probable
Masa corporal	0.2	-0.3	0.5; ±0.4	<0.1	incierto

Tabla 2. *Cambios medios en el rendimiento y en las mediciones fisiológicas postentrenamiento, y cambios que en donde las diferencias en los cambios son substanciales. * Substancial es un cambio >1.0% para todas las mediciones de potencia y costo de oxígeno, y >0.20 unidades estadarizadas para la masa corporal. Los cambios de los efectos: costo de oxígeno, casi no cierto; perfil de la potencia láctica, improbable; masa corporal, casi no cierto; ±90% CL: sumar y restar este número al efecto medio para obtener los límites de confianza del 90% para la diferencia verdadera.*

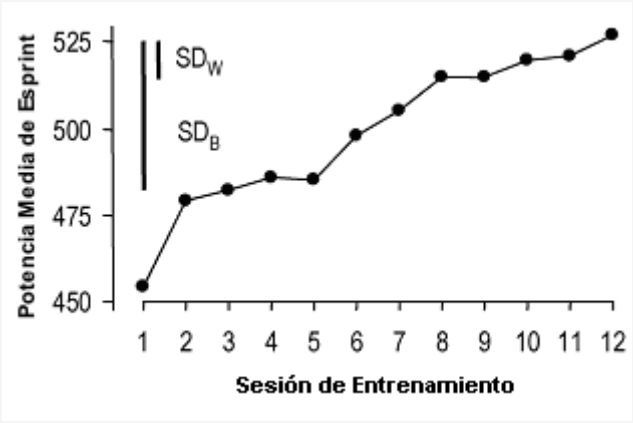


Figura 1. *Cambio en la potencia de esprint a través de las 12 sesiones de entrenamiento. Los valores son presentados como medias; las barras representan los desvíos estándar dentro (SD_w) y entre (SD_B) los ciclistas*

DISCUSION

El principal hallazgo de este estudio fue que reemplazar parte del entrenamiento normal de la temporada competitiva por 12 sesiones de entrenamiento intervalado de alta intensidad y entrenamiento de la fuerza explosivo produjo grandes ganancias en las mediciones de laboratorio de rendimiento de esprint y de resistencia en ciclistas bien entrenados. En relación a los más pequeños efectos significativos estimados, las grandes mejoras del rendimiento observadas fueron casi seguro beneficiosas para los ciclistas y anecdóticamente extendidas a las competiciones.

En general, el efecto de la intervención de entrenamiento sobre la potencia pico en nuestro estudio (7%) es mayor que el reportado en otros estudios (2-6%; 2, 10, 16). Asumiendo que la inseguridad en los efectos reportados en estudios previos es similar a la nuestra (±3.6%), la diferencia en la mejora entre nuestro estudio y al menos alguno de los estudios previos probablemente no se da simplemente por variación del muestreo. Un aspecto único de nuestro estudio que podría explicar esta superioridad es la combinación de los 2 tipos diferentes de entrenamiento que, cuando se usaron individualmente, mejoraron el rendimiento en estudios previos. Diferentes aspectos de nuestro estudio podrían explicar el mayor aumento del rendimiento. Las series dinámicas fueron probablemente realizadas a una cadencia menor y a una mayor carga, aunque no podemos estar seguros, debido a que la cadencia de entrenamiento no fue reportada en estudios previos. Los intervalos de descanso entre las repeticiones individuales (30 segundos) y entre las series (2 minutos) también fueron generalmente más cortos que los de estudios previos (1-5 minutos). Nuestro estudio difirió de estudios previos en varios otros aspectos, pero si hubo alguna, estas diferencias hubieran reducido la mejora del rendimiento. En particular, el nuestro es el único estudio realizado durante la temporada competitiva, cuando los ciclistas estaban ya bien entrenados. El volumen de entrenamiento semanal representado por la intervención (20% del volumen semanal de los ciclistas) también fue menor que el de la mayor parte de los otros estudios (30-40%).

La potencia media en el entrenamiento de esprint se incrementó un 14% a través de la duración del estudio. Las ganancias fueron rápidas y ocurrieron principalmente en las primeras 8 sesiones. Otros autores han notado ganancias rápidas en el rendimiento con entrenamiento de alta intensidad (10). Nuestros ciclistas parecieron alcanzar una meseta después de la octava sesión, pero la meseta no estuvo bien definida, debido a que probablemente los ciclistas hicieron un mayor esfuerzo en la última sesión de entrenamiento.

Las respuestas individuales al entrenamiento fueron pequeñas o despreciables relativas a la respuesta media de todas las mediciones de rendimiento excepto el perfil de la potencia láctica. Los límites de confianza para las respuestas individuales representaron considerable inseguridad en las estimaciones, pero los mismos permitieron tener la posibilidad de que las respuestas individuales para todas las mediciones fueran pequeñas. Considerando que la intervención de entrenamiento para todos los ciclistas fue cuidadosamente monitoreada y que todos los ciclistas en la intervención lograron volúmenes e intensidades de entrenamiento similares, la respuesta esperada fue pequeñas respuestas individuales. La inseguridad en nuestras estimaciones de las respuestas individuales hubiera sido menor si el error estándar de medición de los tests de rendimiento hubiera sido menor. Podría ser posible alcanzar errores de medición test-retest menores a 2%, al menos para las mediciones directas de la potencia (9). La falta de un indicador de temperatura en el ergómetro (ver sección Métodos) y el cambio hacia un ergómetro de modelo anterior son las posibles razones que explican el error mayor al esperado en las

mediciones de nuestro estudio. Sin embargo, este mayor error tiene poco impacto sobre nuestras inferencias de los efectos medios, debido a que las mejoras de rendimiento fueron bastante grandes.

En otros estudios de entrenamiento de fuerza de alta intensidad, el principal y posiblemente único mecanismo para la mejora en el rendimiento de resistencia es una disminución en el costo de oxígeno (incremento de la economía) del ejercicio (6, 13, 14). En nuestro estudio, el cambio en el costo de oxígeno explicó menos de la mitad del incremento en la producción de potencia. El cambio en el costo de oxígeno también podría explicar enteramente el cambio que observamos en el perfil de potencia láctica, el cual fue de magnitud similar. En estudios donde el umbral anaeróbico ha sido medido, los cambios también podrían haber sido atribuidos a los cambios en la economía (10, 14). Sin embargo, nuestra inseguridad en el cambio en el perfil de la potencia láctica fue grande, y en el límite de confianza superior explicó la mayor parte de la mejora en el rendimiento de resistencia. Si el perfil de la potencia láctica contribuyera a la mejora del rendimiento por encima de la disminución en el costo de oxígeno, hubiera habido casi con seguridad un incremento correspondiente en el máximo consumo de oxígeno. Efectivamente, Laursen et al. (11) reportaron que el entrenamiento intervalado de alta intensidad conduce a incrementos substanciales en el máximo consumo de oxígeno en ciclistas de resistencia. En estudios que han usado puramente entrenamiento de tipo explosivo, los cambios en el máximo consumo de oxígeno han sido pequeños o despreciables (6, 14). Vamos a tener que medir el máximo consumo de oxígeno y vamos a tener que usar un protocolo más confiable para determinar el perfil de potencia láctica para resolver este aspecto.

Mientras que los cambios en los mecanismos aeróbicos pueden explicar todo o parte del incremento en el rendimiento en los test de larga duración, los mismos no pueden explicar todo el incremento (9%) en el esprint de 1Km., el cual tiene que ser parcialmente potenciado por mecanismos anaeróbicos. Las adaptaciones en la activación neural del músculo pueden haber contribuido al incremento en el rendimiento de nuestros ciclistas en el esprint. Es posible que el entrenamiento de fuerza explosivo que nosotros usamos condujera a incrementos en la frecuencia de disparo de las unidades motoras de los músculos (1), por ello incrementando la fuerza pico muscular y la tasa de desarrollo de la fuerza. Efectivamente, otros autores (2) han reportado incrementos substanciales en la potencia de esprint de 30 segundos luego de un período de entrenamiento de fuerza explosivo.

Aplicaciones Prácticas

Los resultados de la presente investigación muestran que la combinación de entrenamiento de la fuerza explosivo y entrenamiento intervalado de alta intensidad es un medio altamente efectivo para aumentar el rendimiento de resistencia y de esprint en ciclistas bien entrenados. Estos aumentos parecen ocurrir parcialmente debido a incrementos en la eficiencia del ejercicio y van a tener beneficios prácticos en las pruebas por tiempo y en competiciones de ruta donde los ciclistas tienen que completar numerosos esfuerzos de corta duración y alta intensidad (12). Se necesitan más estudios para investigar la contribución relativa y la optimización de las series intervaladas de alta intensidad y explosivas a las ganancias de rendimiento y para clarificar los mecanismos responsables de las adaptaciones.

Agradecimientos

Esta investigación fue conducida en el Waikato Institute of Technology, Hamilton, Nueva Zelanda.

Dirección para Envío de Correspondencia

Carl D. Paton, correo electrónico: carl.paton@wintec.ac.nz

REFERENCIAS

1. Aagard, P (2003). Training-induced changes in neural function. *Exerc. Sport Sci. Rev. 31: (2) 61□67*
2. Bastiaans, J.J., A.B. Van_ Diemen, T. Veneberg, and A.E. Jeukendrup (2001). The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol. 86:79□84*
3. Beaver, W., W. Karlman, and B. Whipp (1985). Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *J. Appl. Physiol. 59:1936□1940*
4. Bishop, D., D.G. Jenkins, L.T. MacKinnon, M. McEniery, and M.F. Carey (1999). The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Med. Sci. Sports Exerc. 31:886□891*
5. Cohen, J (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed). *Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum*
6. Hoff, J., A. Gran, and J. Helgerud (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports. 12:288□295*
7. Hoff, J., J. Helgerud, and U. Wisloff (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med. Sci. Sports Exerc. 31:870□877*

8. Hopkins, W.G (2005). Probabilities of clinical or practical significance. *Sportscience [serial online]. 2002;6. Available from: http: //sportsci.org/jour/0201/wghprob.htm. Accessed August 2*
9. Hopkins, W.G., E.J. Schabort, and J.A. Hawley (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med. 31:211234*
10. Laursen, P.B., M.A. Blanchard, and D.G. Jenkins (2002). Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly trained males. *Can. J. Appl. Physiol. 27:336348*
11. Laursen, P.B., C.M. Shing, J.M. Peake, J.S. Coombes, and D.G. Jenkins (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc. 34:1801 1807*
12. Martin, D.T., B. Mclean, C. Trewin, H. Lee, J. Victor, and A.G. Hahn (2001). Physiological characteristics of nationally competitive female road cyclists and demands of competition. *Sports Med. 31:469477*
13. Osteras, H., J. Helgerud, and J. Hoff (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur. J. Appl. Physiol. 88:255263*
14. Paavolainen, L., K. Hakkinen, I. Hamalainen, A. Nummela, and H. Rusko (1999). Explosive-strength training improves 5-Km. running time by improving running economy and muscle power. *J. Appl. Physiol. 86:1527 1533*
15. Paton, C.D., and W.G. Hopkins (2001). Tests of cycling performance. *Sports Med. 31:489496*
16. Stepto, N.K., J.A. Hawley, S.C. Dennis, and W.G. Hopkins (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Med. Sci. Sports Exerc. 31:736741*

Cita Original

Paton Carl D. and William G. Hopkins. Combining Explosive and High-Resistance Training Improves Performance in Competitive Cyclists. J. Strength Cond. Res.; Vol. 19, No. 4, pp. 826830; 2005.