PubliCE, (PubliCE) 2004

Research

Efectos del Entrenamiento Fraccionado de alta Intensidad sobre la Deuda de Oxígeno acumulada en Corredores de Resistencia Entrenados

D. C Bickham[1] y P. F Le Rossignol[1]

[1]*School of Health Sciences, Deakin University, 221 Burwood Highway, Burwood, Australia, 3125.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue valorar la sensibilidad del protocolo propuesto por Bickham y cols. (1) para evaluar la deuda de oxigeno acumulada (AOD), para medir cambios en la capacidad anaeróbica en corredores de resistencia que realizaron un programa de 6 semanas de entrenamiento de sprints de alta intensidad. Este protocolo utiliza los valores de cuatro repeticiones de carrera submáxima en cinta y la ordenada al eje y para medir la relación entre el VO_2 y la velocidad y para calcular la AOD. En segundo lugar, se investigaron los mecanismos potenciales que probablemente acompañan los cambios en la capacidad anaeróbica. Siete corredores de resistencia (edad media ± DS; 27.0±6.9 años, masa corporal, 77.1±9.8 kg, VO_2 máx. 60.1±3.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$), completaron una evaluación para medir el VO_2 máx, cuatro repeticiones de carrera submáxima y una carrera de alta intensidad hasta la fatiga, tanto previamente como posteriormente al entrenamiento. El entrenamiento involucró cuatro series de sprints de 5-15 seg de duración (40 a 100 m) cercanos a la velocidad máxima (90 – 100% del máximo esfuerzo percibido), realizados 3 veces por semana durante 6 semanas. El número de repeticiones de cada distancia de sprint se incremento dentro de un rango de 2 a 8, a través de las 6 semanas de entrenamiento. No hubo cambios en la AOD, VO_2 máx, umbral ventilatorio (VT), cinética del VO_2 o en la economía de carrera postentrenamiento. Sin embargo, la media del componente aeróbico en la evaluación de alta intensidad postentrenamiento se incremento en un 5.4%, lo cual pudo haber facilitado el 15.3% ($P<0.05$) de incremento en el tiempo hasta la fatiga o viceversa. Se concluyó que el método actual para medir la AOD es incapaz de detectar pequeños cambios potenciales en la AOD que facilitan el tiempo hasta la fatiga reportado en el test de alta intensidad.

Palabras Clave: carrera, cinética del vo2, economía

INTRODUCCION

La capacidad anaeróbica es particularmente importante para el rendimiento en ejercicios exhaustivos de mediana duración tal como la carrera de 800 m, donde la fatiga y el rendimiento están determinados en gran parte por la contribución total de energía anaeróbica (2). La deuda acumulada de oxigeno (AOD) es el método preferido para la medición de la capacidad

anaeróbica durante ejercicio exhaustivo de alta intensidad (3). Bickham y cols. (1) reevaluaron el método para la medición de la AOD y desarrollaron un protocolo con un alto nivel de precisión que solo requiere los valores de cuatro evaluaciones submáximas y la ordenada al eje y. Es apropiado que este eficiente protocolo sea evaluado para determinar si es sensible a los cambios en la capacidad anaeróbica que resultan de la introducción de entrenamiento fraccionado de alta intensidad para mejorar la aptitud de los atletas de resistencia.

Se ha demostrado que 6 semanas de entrenamiento de alta intensidad pueden incrementar la AOD de un 10 a un 20% con carreras (4, 5) y en un 28% con ciclismo (6). Sin embargo, la limitación de los estudios de Medbo y Burgers (4) y de Tabata y cols. (6) es que ellos utilizaron atletas desentrenados o relativamente desentrenados, y las mejoras en la AOD que estos atletas pudieron alcanzar no puede ser generalizada a atletas de resistencia. altamente entrenados. Es importante desarrollar la capacidad anaeróbica en atletas de resistencia de mediana duración debido a que una baja capacidad anaeróbica (7) probablemente limite su rendimiento y a que es poco el alcance de las mejoras aeróbicas debido a su ya alto nivel de resistencia (8). Mientras que es sabido que estos atletas pueden mejorar su capacidad anaeróbica, no se sabe si el método para la medición del AOD es sensible al entrenamiento diseñado para mejorar la capacidad anaeróbica.

Hasta la fecha, los mecanismos exactos del VO_2, al igual que la cinética inicial del VO_2, la economía del VO_2 y la proporción de energía aeróbica/anaeróbica que subyace a los cambios en la capacidad anaeróbica con un programa de entrenamiento de alta intensidad deben ser todavía determinados para sujetos entrenados en resistencia. El entrenamiento de alta intensidad puede consistir de cortos intervalos de ejercicios con pausas de recuperación cortas o intervalos largos de ejercicio con largas pausas de recuperación. Se ha hallado que el entrenamiento que involucra intervalos cortos (5-15 s) con pausas de recuperación cortas (1/3 trabajo/recuperación), como el empleado por Dawson y cols. (9), puede estimular el incremento en la capacidad aneróbica, lo que es demostrado por el incremento en el tiempo en cinta a intensidades supramáximas. El primer propósito de esta investigación fue valorar la sensibilidad del protocolo para la medición de la AOD propuesto por Bickham y cols. (1) a un entrenamiento fraccionado de alta intensidad de 6 semanas. El segundo propósito fue investigar los factores subyacentes, tales como la economía submáxima del VO_2 y la cinética del VO_2, que pueden explicar los cambios en la AOD con el entrenamiento de alta intensidad en atletas de resistencia altamente entrenados.

METODOS

Sujetos

Siete corredores varones entrenados en resistencia (edad media ± DS; 27.0±6.9 años, masa corporal 77.1±9.8 kg, VO_2 máx, 60.1±3.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) fueron voluntarios para tomar parte del estudio. Los requisitos del estudio fueron que los sujetos tuvieran un VO_2 máx. mayor a 55 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ y haber completado un mínimo de un año de entrenamiento de resistencia. Antes de las evaluaciones, se obtuvo el consentimiento por escrito de los sujetos, al igual que la aprobación del Comité de Ética para Investigaciones Humanas de la Universidad de Deakin. Se les pidió a los sujetos que no participaran en ninguna actividad física excesiva en las 24 hs previas a la evaluación, y que utilizaran ropa y zapatillas similares para cada sesión.

Métodos de Evaluación

Todas las evaluaciones en cinta se realizaron en una cinta motorizada (Quinton Q65, Seattle WA) con una inclinación de 1%. Se ha hallado que la inclinación del 1% en la cinta es la que mas precisión muestra para reflejar el costo energético de la carrera (10). La velocidad de la cinta fue medida y ajustada durante los 5 s iniciales de cada evaluación con la utilización de un tacómetro manual (Emona Instruments, Australia). Un analizador metabólico Medical Graphics Corporation (Cardio$_2$ and CPX/D system, St Paul MN) recolectó y analizó los gases espirados, respiración a respiración, durante las evaluaciones de VO_2 máx., de carrera a intensidad submáxima y carrera hasta el agotamiento de alta intensidad. El analizador metabólico se calibró manualmente previamente a cada test utilizando valores alfa de gases (21% y 0.3%, 12% y 5%, O_2 y CO_2 respectivamente) con un error del 0.01%. Para los reducir incrementos en la temperatura central, en el desplazamiento del oxigeno y en la deshidratación, el ambiente donde se realizo el ejercicio se mantuvo a 20ºC con un ventilador apuntando directamente a la cara y pecho de los sujetos (1). La frecuencia cardiaca se monitoreo continuamente usando un monitor de frecuencia cardiaca Polar Vantage (NV, Finlandia). Cada sujeto completo una entrada en calor que consistió de 8 min a 167 m/min, con un incremento a 233 m/min en dos minutos adicionales al comienzo de cada sesión de evaluación. La entrada en calor fue seguida por una rutina individual de estiramientos. Los sujetos se ubicaron sobre la cinta en movimiento al comienzo de cada evaluación utilizando las barras de seguridad situada a cada lado de la cinta (1)

Medición del VO_2 máx.

Se sometió a los sujetos a un test progresivo continuo en cinta comenzando a una velocidad de 233 m/min con un incremento en la velocidad de 16.7 m/min cada 3 minutos hasta el agotamiento (1). Durante la evaluación se estimuló verbalmente a los sujetos para que alcanzaran su mejor rendimiento. Las evaluaciones terminaban cuando el atleta colocaba sus manos sobre las barras de seguridad. Los criterios que se utilizaron para la determinación del VO_2 máx. fueron que el VO_2 realizara una meseta, un RER por encima de 1.1 o una frecuencia cardiaca por encima del 90% del máximo estimado según la edad. Todos los sujetos completaron un mínimo de dos de estos criterios. El umbral ventilatorio (VT) se considero como el equivalente al segundo punto de inflexión de la curva, definido como una deflexión ascendente tanto en el cociente VE/VO_2 como en el cociente VE/VCO_2 (11).

Relación VO_2 – Velocidad

Se sometió a los sujetos a cuatro repeticiones de carreras submáximas de 4 min. La duración de 4 minutos para los test submáximos fueron elegidas, ya que se sugirió que esta duración es suficiente para alcanzar un estado estable del VO_2 por debajo del umbral de lactato (LT) (12). Se seleccionaron dos intensidades por debajo del VT. Las otras dos intensidades incluyeron la del VT y la del punto medio entre el VT y la velocidad asociada al VO_2 máx. La sesión consistió en 4 evaluaciones de ejercicio submáximo de 4 min., aleatoriamente asignadas, y separadas por 20 minutos de recuperación. Antes de cada evaluación submáxima, se recolectaron datos de “reposo” durante un minuto con el sujeto ubicado sobre la cinta.

Estimación de la Demanda Total de Energía

La demanda total de energía estimada (ETED) requerida para el test de alta intensidad se calculó por medio de la regresión lineal entre el VO_2 y la velocidad. Para la regresión se utilizaron los dos valores submáximos por debajo del VT y los dos valores submáximos sobre el VT, junto con la ordenada al eje y individual (valores de reposo del VO_2). La ETED se calculó como el VO_2 al 110% de la velocidad del VO_2 máx. (1).

Test de Alta Intensidad hasta el Agotamiento

Se sometió a los sujetos a un test de alta intensidad en cinta a carga constante, al 110% de la velocidad que provocó el VO_2 máx., hasta el agotamiento (1). El test terminaba cuando los sujetos apoyaban las manos en las barras de seguridad. Debido a la alta velocidad de carrera de este test, detrás del sujeto se ubicó a un cuidador. Se estimuló fuertemente a los sujetos, a través de la evaluación, para que dieran su mayor esfuerzo.

Entrenamiento

Los sujetos realizaron tres sesiones semanales de entrenamiento fraccionado de alta intensidad por un período de 6 semanas. El programa de entrenamiento fue adaptado del propuesto por Dawson y cols. (9). En promedio cada sujeto completo diecisiete de dieciocho sesiones de entrenamiento. Cada sesión comprendió cuatro series de repeticiones de sprints casi máximos (90 – 100% de máximo esfuerzo percibido) de 5 – 15 seg de duración (Tabla 1). El número de sprints se incremento desde 14 a 30 repeticiones durante el período de 6 semanas. La longitud de las repeticiones individuales se incremento a través del período de 6 semanas desde un rango inicial de 40-80 m a 80-100 m. Finalmente, a lo largo del período de 6 semanas, el cociente trabajo/reposo en las repeticiones disminuyó desde 1:5 a 1:4 a 1:3, realizándose en la semana precedente una familiarización de la nueva carga de trabajo. La recuperación entre las series se mantuvo en 5 min a través del período de entrenamiento. Los sujetos caminaron o trotaron durante la recuperación entre las repeticiones o entre las series. Las sesiones fueron completadas sobre una pista de césped bajo la supervisión del investigador.

Análisis Estadísticos

Los datos fueron analizados con el programa Stata 6.0 (Stata Corporation). Para comparar la economía en las cuatro evaluaciones submáximas pre y postentrenamiento, calculada como el VO_2 al minuto 4 dividido por la velocidad de carrera, se utilizo el análisis de varianza ANOVA de dos vías. Las pendientes de las regresiones individuales entre el VO_2 y la velocidad se calcularon por medio de regresiones lineales de los valores del VO_2 al minuto 4, a través de las cuatro velocidades individuales utilizando la ordenada al origen individual. Para comparar los valores de las pendientes, la ETED y el intervalo de confianza del 95% de la ETED de la regresión entre el VO_2 y la velocidad al minuto 4 pre y postentrenamiento, se utilizó el test t para muestras apareadas. La ETED y el intervalo de confianza del 95% de la ETED se calcularon utilizando fórmulas de predicción lineal estándar. La AOD se calculó como la diferencia entre la ETED para la evaluación de alta intensidad y el VO_2, medido durante la evaluación (3). Los valores pre y postentrenamiento de la AOD y el VO_2 se compararon utilizando el test t para muestras apareadas. Los cambios potenciales en la cinética del VO_2, usando datos promedio de 10 s durante los primeros 60 s del test de alta intensidad, fueron evaluados mediante un test ANOVA a dos vías en seis intervalos de 10 s, tanto pre como postentrenamiento.

Semana	Sesión					% del Máximo Esfuerzo	T:P	Nº de reps.
1	1	4 x 40	4 x 50	4 x 60	2 x 80	90	1:5	14
	2	4 x 40	4 x 50	4 x 60	2 x 80	90	1:5	14
	3	4 x 40	4 x 50	4 x 60	4 x 80	90	1:5	16
2	4	6 x 40	4 x 50	4 x 60	2 x 80	90	1:5 (1:4)	16
	5	6 x 40	4 x 50	4 x 60	4 x 80	90	1:5 (1:4)	18
	6	6 x 40	6 x 40	4 x 60	4 x 80	90	1:5 (1:4)	20
3	7	6 x 40	6 x 40	6 x 80	4 x 80	90/100	1:4	22
	8	4 x 80	6 x 40	6 x 60	6 x 80	90	1:4	22
	9	8 x 40	6 x 40	6 x 80	4 x 60	90/100	1:4	24
4	10	8 x 60	6 x 60	6 x 80	4 x 80	90	1:4 (1:3)	24
	11	6 x 80	8 x 60	8 x 80	6 x 60	90/100	1:4 (1.3)	26
	12	8 x 80	6 x 40	8 x 80	4 x 40	90/100	1:4 (1:3)	26
5	13	8 x 40	8 x 80	8 x 80	4 x 100	90/100	1:3	28
	14	8 x 80	6 x 40	8 x 80	6 x 100	90/100	1:3	28
	15	6 x 100	8 x 80	4 x 100	8 x 60	90	1:3	26
6	16	8 x 100	8 x 60	8 x 80	6 x 80	90/100	1:3	30
	17	8 x 80	8 x 100	6 x 60	8 x 80	90/100	1:3	30
	18	8 x 100	6 x 100	8 x 80	6 x 80	90/100	1:3	28

Tabla 1. *Resumen del programa de entrenamiento que muestra el número de repeticiones y la distancia cubierta en cada sesión. Las series subrayadas fueron corridas al máximo esfuerzo. T:P = cociente trabajo/pausa; pausa entre series 5 min; Adaptado de Dawson y cols. (9).*

RESULTADOS

Los datos recolectados pre y post entrenamiento de los siete sujetos entrenados son mostrados en la Tabla 2. Luego del período de entrenamiento las variables fisiológicas tal como la masa corporal, el VO_2 máx., y el VT se mantuvieron sin cambios ($p>0.05$). No hubo diferencias significativas ($p>0.05$) en las pendientes y ordenadas de las regresiones lineales desde el pre al postentrenamiento. Hubo un incremento significativo del 15.3% ($p<0.05$) en el tiempo hasta el agotamiento en el test de alta intensidad postentrenamiento (135.7±13.6 s vs. 160.3±10.5 s) lo cual correspondió con un incremento de 16.6% en la distancia cubierta (721.3±62.2 m vs. 864.3±55.7 m). No hubo diferencias significativas entre la ETED pre y postentrenamiento ($p<0.05$); como tampoco fue significativo el 6.2% de incremento en la AOD ($p>0.05$). Sin embargo, la AOD postentrenamiento para el mismo intervalo de tiempo que en el test de alta intensidad preentrenamiento fue un 3.7 % menor (no significativo) con un 10% de incremento en la AOD ocurriendo durante los 25 s adicionales del test postentrenamiento.

Los valores medios del VO_2 pre y postentrenamiento en las 4 evaluaciones submáximas de 4 min se muestran en la Figura 1a. No hubo diferencias significativas pre y postentrenamiento ($p>0.05$) en la economía de carrera a lo largo de las cuatro evaluaciones submáximas. Tampoco hubo diferencias significativas pre y postentrenamiento en las pendientes de las regresiones lineales entre el VO_2 y la velocidad (Tabla 2). La Figura 1b es un ejemplo, de un individuo representativo, de la respuesta completa del VO_2 a lo largo de las evaluaciones submáximas previas al entrenamiento.

	Pre Entrenamiento	Post Entrenamiento
Edad (años)	27.0±6.9	
Masa Corporal (kg)	77.1±9.8	77.3±10.3
VO_2máx (ml/kg/min)	60.1±3.2	60.3±5.3
Umbral Ventilatorio (m/min)	257.1±22.7	258.1±24.3
Pendiente (mL/kg/m)	0.1817±0.0035	0.1814±0.0035
Ordenada y (mL/kg/min)	6.4±0.2	6.3±0.2
Test de Alta Intensidad		
Tiempo (s)	135.7±13.6	160.3±10.5 *
Distancia (mts)	721.3±62.2	864.3±55.7 *
ETED (ml O_2Eq/kg/min)	65.0±1.8	65.3±2.4
AOD (ml O_2 Eq/kg/min)	48.1±3.2	51.2±3.4 (46.4±3.4)

Tabla 2. *Valores medios ±DS para la edad, masa corporal, VO_2 máx., y umbral ventilatorio. Media ± DS de la pendiente de la regresión lineal de los datos submáximos, ordenada y de la regresión lineal, tiempo para completar el test de alta intensidad, distancia cubierta en el test de alta intensidad, demanda energética total estimada (ETED) y deuda acumulada de oxigeno (AOD). * p<0.05 entre las condiciones; Los datos fueron calculados con el mismo tiempo del test hasta el agotamiento antes del entrenamiento.*

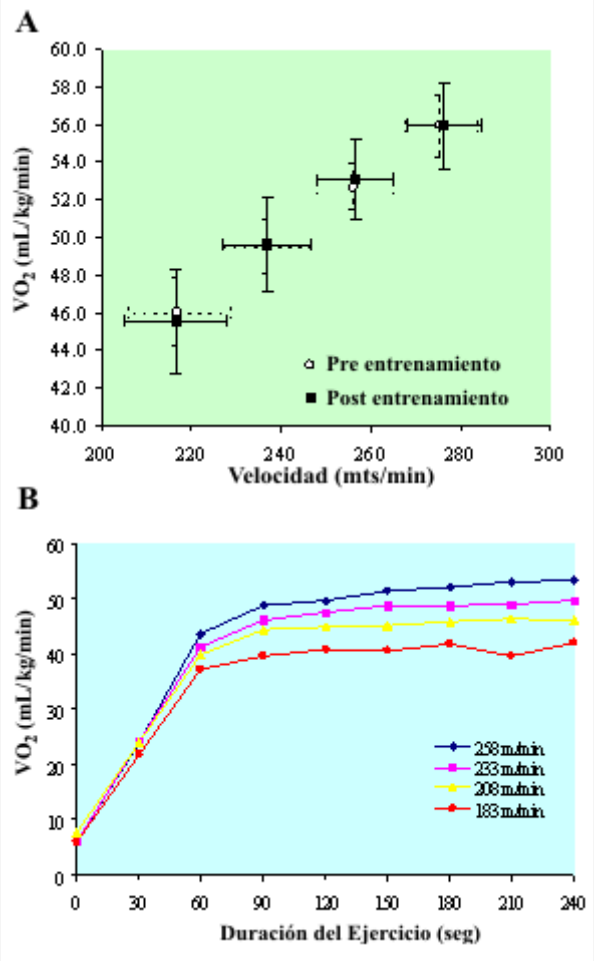


Figura 1. *VO_2 submáximo A) media grupal ± error estándar, pre y post entrenamiento, y B) datos de un individuo representativo de la*

muestra para las cuatro repeticiones submáximas de 4 minutos.

La contribución media de energía en la evaluación de alta intensidad, en sus componentes aeróbicos y anaeróbicos, tanto pre como postentrenamiento es mostrada en la Figura 2. Hubo un incremento significativo en la contribución total de energía en la serie de alta intensidad postentrenamiento, a pesar de que no ocurrieron cambios en la contribución anaeróbica a la tarea. La media del componente aeróbico al test de alta intensidad se incremento desde 65.0% a 70.4% post entrenamiento.

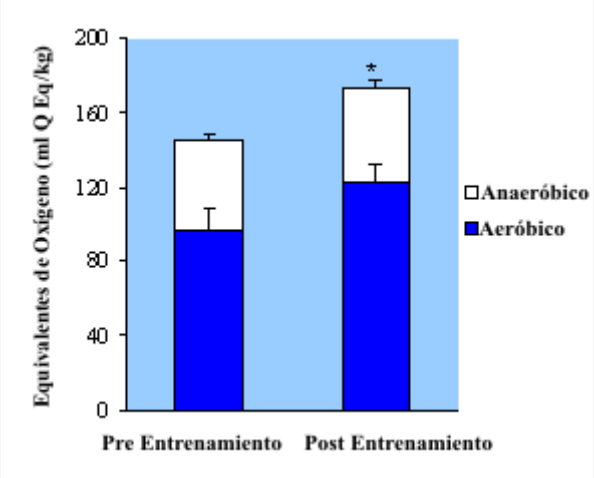


Figura 2. *Comparación de la contribución energética media, en la condición pre y postentrenamiento. * p<0.05 entre las condiciones.*

Los resultados de las medias de los grupos del VO_2 pre y postentrenamiento durante el primer minuto del test de alta intensidad están resumidos en intervalos de 10 seg. en la Figura 3. No hubo diferencias significativas pre y postentrenamiento en la cinética del VO_2.

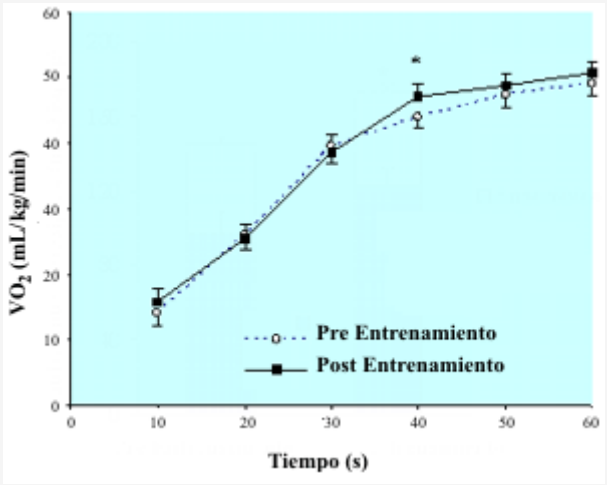


Figura 3. *Valores de la media grupal ± error estándar para el VO_2 cada 10 seg. durante el primer minuto del test de alta intensidad al 110% del VO_2 máx.*

DISCUSION

Luego de 6 semanas de entrenamiento fraccionado de alta intensidad no hubo cambios significativos en la AOD o en el VO_2 máx., en corredores de resistencia entrenados. Sin embargo, ocurrieron mejoras significativas en el rendimiento en las evaluaciones posteriores al entrenamiento, incluyendo un incremento del 15.3% en el tiempo hasta el agotamiento y un incremento concomitante del 16.6% en la distancia cubierta durante el test de alta intensidad. Luego del período de entrenamiento hubo una mayor demanda energética en el test de alta intensidad, la cual consistió principalmente en un 5.4% de incremento en la proporción de energía aeróbica requerida por la tarea en conjunto con un incremento de 25 segundos en el tiempo hasta el agotamiento.

El propósito principal de este estudio fue evaluar si una manera precisa de medir la AOD en corredores era sensible a los cambios potenciales en la capacidad anaeróbica de corredores entrenados en resistencia. Luego de 6 semanas de entrenamiento de alta intensidad no hubo cambios en el VO_2 máx. y los sujetos corrieron un 15% mas en el test de alta intensidad. Este hallazgo es respaldado por los datos de Billat y cols. (13), quienes demostraron adaptaciones significativas y mejoras en el rendimiento no representadas por el VO_2 máx. en sujetos bien entrenados luego de un entrenamiento fraccionado intenso. Mientras que en el presente estudio no hubo cambios significativos en la AOD, todos los sujetos menos uno demostraron un incremento en la AOD después de 6 semanas de entrenamiento fraccionado de alta intensidad con una mejora grupal promedio de 3.1 ml/kg o 6.2%. Esta mejora es menor que el incremento del 10% en la AOD detectado por Medbo y Burgers (4) en sujetos desentrenados. Siempre es más fácil producir incrementos significativos en sujetos desentrenados en comparación con individuos entrenados, debido a la ley de respuesta disminuida. Sin embargo, puesto que en el presente estudio se hallo que el 95% del intervalo de confianza en el cálculo de la ETED fue de 5 ml/kg, podrían requerirse cambios de mayor magnitud para demostrar, con este nivel de precisión, un cambio significativo en la AOD calculada a partir de la ETED. Este hallazgo indica que el protocolo de Bickham y cols. (1) para la medición de la AOD carece de la precisión requerida para demostrar mejoras pequeñas, pero significativas en la AOD que resultan de un entrenamiento fraccionado de alta intensidad. Sin embargo, es plausible que intervalos mayores, cerca de los 20 a 40 s puedan ser más efectivos que los intervalos más cortos utilizados en este estudio, para la mejora de la capacidad anaeróbica medida por medio de la AOD.

Mayores intervalos (1 – 3 min) podrían contribuir en una mayor extensión a la capacidad de el sistema de los fosfágenos y del sistema glucolítico que intervalos más cortos.

El segundo objetivo de este estudio fue investigar los mecanismos potenciales que probablemente están asociados con las mejoras en la capacidad anaeróbica y el rendimiento supramáximo en corredores de resistencia entrenados. La Figura 1a demuestra que aparentemente no hay cambios en el VO_2 a través de las cuatro velocidades submáximas desde el pre al postentrenamiento. Esta observación fue respaldada por el hecho de que los valores de economía de carrera calculada individualmente (VO_2/velocidad) no cambiaron significativamente con las 6 semanas de entrenamiento de alta intensidad. La diferencia en la economía de carrera demostrada por la pendiente de las regresiones individuales entre el VO_2 y la velocidad tampoco cambió con el entrenamiento. Cuando se investigo la cinética del VO_2 en los primeros sesenta segundos del test de alta intensidad se halló que no hubo cambios significativos con 6 semanas de entrenamiento de alta intensidad en atletas de resistencia ya entrenados. La aparición de un incremento en la cinética del VO_2 se observa típicamente al finalizar un programa de entrenamiento de la resistencia (14, 15). Billat y cols. (16) demostraron también un incremento en la cinética del VO_2 luego de 4 semanas de entrenamiento de alta intensidad, a pesar de no registrar cambios en el VO_2 máx. (58.1 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$), en sujetos activos pero no entrenados en resistencia. Bishop y cols. (17) también demostraron mejoras en el rendimiento de palistas de kayac sin cambios en la AOD, atribuibles a un incremento en la cinética del VO_2. Esto fue principalmente resultado de un cambio en la estrategia del ritmo de carrera, que empleó una salida muy rápida en lugar de una mayor frecuencia de golpes. A pesar de no observar cambios significativos en las variables aeróbicas anteriormente mencionadas, se pudo observar una mayor demanda energética en el test de alta intensidad posterior al entrenamiento, que consistió principalmente en un incremento del 5.4% en la proporción de energía aeróbica requerida para la tarea. Esto potencialmente indica que parte de la adaptación aeróbica justificó el 15% de incremento en el tiempo hasta el agotamiento en el test de alta intensidad. También cuando se comparó la AOD en el mismo tiempo hasta agotamiento, pre y postentrenamiento, de manera similar al estudio de Weber y cols. (18), hubo un valor un 3.7 % en la AOD, que no alcanzó significancia estadística. Es posible que en las etapas tempranas del test de alta intensidad se produjeran menores niveles de metabolitos provenientes del sistema anaeróbico y que esto redujera la fatiga. Consecuentemente los sujetos fueron capaces de continuar por mayor tiempo en el test de alta intensidad posterior al entrenamiento.

Conclusiones

Luego de 6 semanas de entrenamiento fraccionado de alta intensidad en atletas de resistencia entrenados hubo un

incremento en el tiempo hasta el agotamiento del 15.3% en el test de alta intensidad, lo cual fue realizado sin incrementos significativos en el VO_2 máx. o en la AOD. La economía de carrera y la cinética del VO_2 tampoco cambiaron con 6 semanas de entrenamiento de alta intensidad. Sin embargo, luego del entrenamiento hubo una mayor demanda energética en el test de alta intensidad, que consistió principalmente en un 5% de incremento en la proporción de energía aeróbica requerida para la tarea. El protocolo de Bickham y cols. (1) para la medición de la AOD en la carrera careció de sensibilidad para detectar pequeños cambios potenciales en la AOD, que acompañaron al entrenamiento fraccionado de alta intensidad. Son necesarias investigaciones adicionales para mejorar nuestro entendimiento sobre los mecanismos responsables de una contribución aeróbica incrementada al rendimiento en el ejercicio intenso luego de un entrenamiento fraccionado de alta intensidad.

Agradecimientos

Agradecemos a Carl Gibbons por sus consejos y asistencia con el análisis estadístico.

Dirección para Correspondencia

Dale C. Bickham, Biological Structure and Function Section, Division of Biomedical Sciences, Imperial College, South Kensington, London SW7 2AZ. E-mail: d.bickham@imperial.ac.uk

REFERENCIAS

1. Bickham D, Le Rossignol PF, Gibbons C, Russell AP (2002). Re-assessing accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *J Sci Med Sport; 5:372-382*
2. Boulay MR, Lortie G, Simoneau JA, Hamel P, Leblanc C, Bouchard C (1985). Specificity of aerobic and anaerobic work capacities and powers. *Int J Sports Med; 6:325-328*
3. Medbo JI, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O2 deficit. *J Appl Physiol; 64:50-6*
4. Ramsbottom R, Nevill A, Seager RD, Hazeldine R (2001). Effect of training on accumulated oxygen deficit and shuttle run performance. *J Sports Med Phys Fitness; 41:281-290*
5. Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Yuusuke H, Ogita F, Miyachi M (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent trianing on anaerobic capacity and VO2max. *Med Sci Sports Exerc;28: 1327-1330*
6. Hill DW (1999). Energy contributions in middle-distance running events. *J Sports Sci; 17:477-483*
7. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams CA, Doust JH (2000). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J Appl Physiol; 89:899-907*
8. Dawson B, Fitzsimons M, Green S, Goodman C, Carey M, Cole K (1998). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *Eur J Appl Physiol; 78:163-169*
9. Jones AM, Doust JH (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci; 14:321-327*
10. Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Perez M, Chicharro JL (2002). Kinetics of VO2 in professional cyclists. *Med Sci Sports Exerc; 34:320-325*
11. Green S, Dawson BT (1996). Methodological effects on the VO2-power regression and the accumulated O2 deficit. *Med Sci Sports Exerc; 28:392-397*
12. Billat, VL, Mille-Hamard L, Demarle A, Koralsztein JP (2002). Effect of training in humans on off- and on-transient oxygen uptake kinetics after severe exhausting intensity runs. *Appl Physiol; 87:496-505*
13. Demarle AP, Slawinski JJ, Laffite LP, Bocquet VG, Koralsztein JP, Billat VL (2001). Decrease of O2 deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *J Appl Physiol; 90:947-953*
14. Yoshida T, Udo M, Ohmori T, Matsumoto Y, Uramoto T, Yamamoto K (1992). Day-to-day changes in oxygen uptake kinetics at the onset of exercise during strenuous endurance training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol; 64:78-83*
15. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muraix G, Koralsztein JP (1999). Interval training at VO2max effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc; 31:156-163*
16. Bishop D, Bonetti D, Dawson B (2002). The influence of pacing strategy on VO2 and supramaximal kayak performance. *Med Sci Sports Exerc; 34:1041-1047*
17. Weber C, Schneider D (2002). Increase in maximal accumulated oxygen deficit after high-intensity interval training are not gender dependent. *J Appl Physiol; 92:1795-1801*

Cita Original

Bickham, D.C. and Le Rossignol, P.F. Effects of High-Intensity Interval Training on the Accumulated Oxygen Deficit of Endurance-Trained Runners. JEPonline; 7 (1):40-47, 2004.