Monograph

Efectos Agudos de Diferentes Sesiones de Entrenamiento con Sobrecarga sobre el Rendimiento en una Carrera de 5 km

Eduardo Oliveira de Souza[1], Luis Fernando Caineli Rosa[1], Flavio O Pires[1,2], Jacob Wilson[3], Emerson Franchini[1], Valmor Tricoli[1] y Carlos Ugrinowitsch[1]

[1]*Department of Sport, School of Physical Education and Sport, São Paulo University, Brazil.*
[2]*Catholic University of Brasilia, Brasilia, Brazil*
[3]*Department of Health Sciences and Human Performance, University of Tampa, Tampa Fl, USA.*

RESUMEN

Este estudio ha investigado si existieron efectos agudos de interferencia entre el entrenamiento de la fuerza y el posterior entrenamiento aeróbico continuo e intermitente de 5 km. Once hombres físicamente activos (23.1 ± 3.1 años, 1.75 ± 0.07 m, 70.5 ± 8.8 Kg. y 58.2 ± 8.3 $V_{O_2\,máx}$) realizaron las siguientes sesiones experimentales: (A) 5 series de 5RM en ejercicio de prensa de pierna seguidas de una carrera de 5km realizada de manera continua (velocidad promedio entre el primer y segundo umbral ventilatorio, vΔ50), (B) 5 series de 5 RM en prensa de piernas seguidas de una carrera de 5km realizada de manera intermitente (carrera de 1 min al $vV_{O_2máx}$ × 1 min de recuperación); (C) 2 series de 15 RM en prensa de piernas seguidas de una carrera continua de 5 km; y (D) 2 series de 15 RM en prensa de piernas seguidas de una carrera intermitente de 5 km . La frecuencia cardiaca, la concentración de lactato en sangre, el índice de esfuerzo percibido y el VO_2 del primer y el quinto kilómetro se tuvieron en cuenta para propósitos estadísticos. No hubo efectos significativos de ambas series de fuerza sobre ninguna de las variables asociadas al rendimiento de resistencia ($p > 0.05$). Al parecer ninguna de las dos series, máxima y de resistencia a la fuerza, afectaron de manera aguda el rendimiento aeróbico.

Palabras Clave: carrera, entrenamiento concurrente, efecto de interferencia, índice de esfuerzo percibido, consumo de oxígeno

INTRODUCCIÓN

Los entusiastas de la actividad física y los atetas a menudo realizan ejercicios de fuerza y aeróbicos en la misma sesión de entrenamiento y/o período de entrenamiento en un intento por mejorar el estado de salud y el nivel de aptitud física. La combinación de estos ejercicios se conoce cono entrenamiento concurrente (CT). Tradicionalmente, el CT interfiere en las mejoras de la fuerza muscular (Bell et al., 2000; Hickson, 1980). Sin embargo, algunos autores también han sugerido que el CT puede afectar las ganancias del $VO_{2máx}$ (Nelson et al., 1990) y el rendimiento aeróbico (Chtara et al., 2005). Docherty y Sporer (2000) y otros han calificado a estas dificultades en las adaptaciones del entrenamiento y el rendimiento como un fenómeno de interferencia (Docherty y Sporer, 2000; Kraemer et al., 1995).

Una hipótesis para explicar el fenómeno de interferencia es la fatiga residual producida por la modalidad del ejercicio que se realiza primero en la sesión de entrenamiento (Leveritt et al., 1999). Docherty y Sporer (2000) han planteado la hipótesis de que cuando ambos estímulos de entrenamiento, el aeróbico y de fuerza, dependen de mecanismos periféricos, debería producirse una interferencia aguda. Por ejemplo, si se llevó a cabo un ejercicio aeróbico previo a una intensidad lo suficientemente elevada como para disminuir las reservas de glucógeno muscular, la serie de resistencia a la fuerza posterior se vería afectada de manera negativa. Por otro lado, el ejercicio de fuerza máxima, que al parecer es altamente dependiente del impulso neuronal, no debería verse afectado por una serie de ejercicios aeróbicos realizada previamente. Por consiguiente, la investigación previa ha demostrado que una serie de ejercicios aeróbicos intermitentes de alta intensidad interfirió en una serie posterior de ejercicios de resistencia a la fuerza ($p = 0.03$) (de Souza et al., 2007). No obstante, también se halló que esta serie de ejercicios aeróbicos produjeron una tendencia a presentar dificultades en una serie de fuerza máxima ($p = 0.07$) (de Souza et al., 2007), que el modelo de Docherty y Sporer (2000) no predijo. Por lo tanto, una manera alternativa de evaluar la pertinencia de la hipótesis de la fatiga periférica es invertir el orden de las series de ejercicios de una sesión (i.e. una serie de fuerza o resistencia a la fuerza realizada antes de la serie aeróbica continua o intermitente).

Sin embargo, solo una cantidad limitada de estudios ha investigado los efectos agudos de una serie previa de ejercicios de fuerza sobre las respuestas fisiológicas al ejercicio aeróbico (Bailey et al., 1996; Drummond et al., 2005). Drummond et al. (2005) reportaron un consumo de oxígeno (VO_2), una frecuencia cardiaca (HR) y un índice de esfuerzo percibido (RPE) más elevados cuando la carrera aeróbica continua (70% del $VO_{2máx}$) fue precedida por siete ejercicios de fuerza (i.e. 3 series de 10 repeticiones al 70% de 1 RM del ejercicio) diseñados para hacer hincapié en los grupos musculares más importantes.

Hay tres inconvenientes importantes en el estudio de Drummond. Primero, que la rutina de ejercicios de fuerza para todo el cuerpo incrementó el gasto total de energía en el descanso, lo que cambiaria de manera natural e influiría en las lecturas de VO_2 y RPE durante el ejercicio aeróbico. Segundo, solo se investigaron los efectos de una serie de resistencia a la fuerza sobre el ejercicio aeróbico. Por ultimo, no fue posible evaluar si la interferencia en el rendimiento aeróbico es independiente de la modalidad del ejercicio aeróbico, pues solo se evaluaron ejercicios aeróbicos continuos después de los ejercicios de fuerza.

Una manera atractiva de evaluar este efecto agudo de interferencia sería utilizar los mismos grupos musculares para ambas series, la de fuerza (a la resistencia y máxima) y la aeróbica (moderada-continua e intermitente intensa). Por lo tanto, el objetivo de este estudio ha sido investigar si hubo efectos agudos de interferencia de los ejercicios de fuerza máxima y resistencia a la fuerza sobre las variables relacionadas con el rendimiento aeróbico tales como el VO_2, el RPE, la HR y la concentración de lactato en sangre durante una carrera posterior de 5km llevada a cabo de manera continua o intermitente a una intensidad moderada y elevada, respectivamente. En base a los resultados previos (de Souza et al., 2007), la hipótesis del presente estudio fue que la serie de resistencia a la fuerza debería afectar las variables fisiológicas asociadas a ambas modalidades de ejercicio aeróbico.

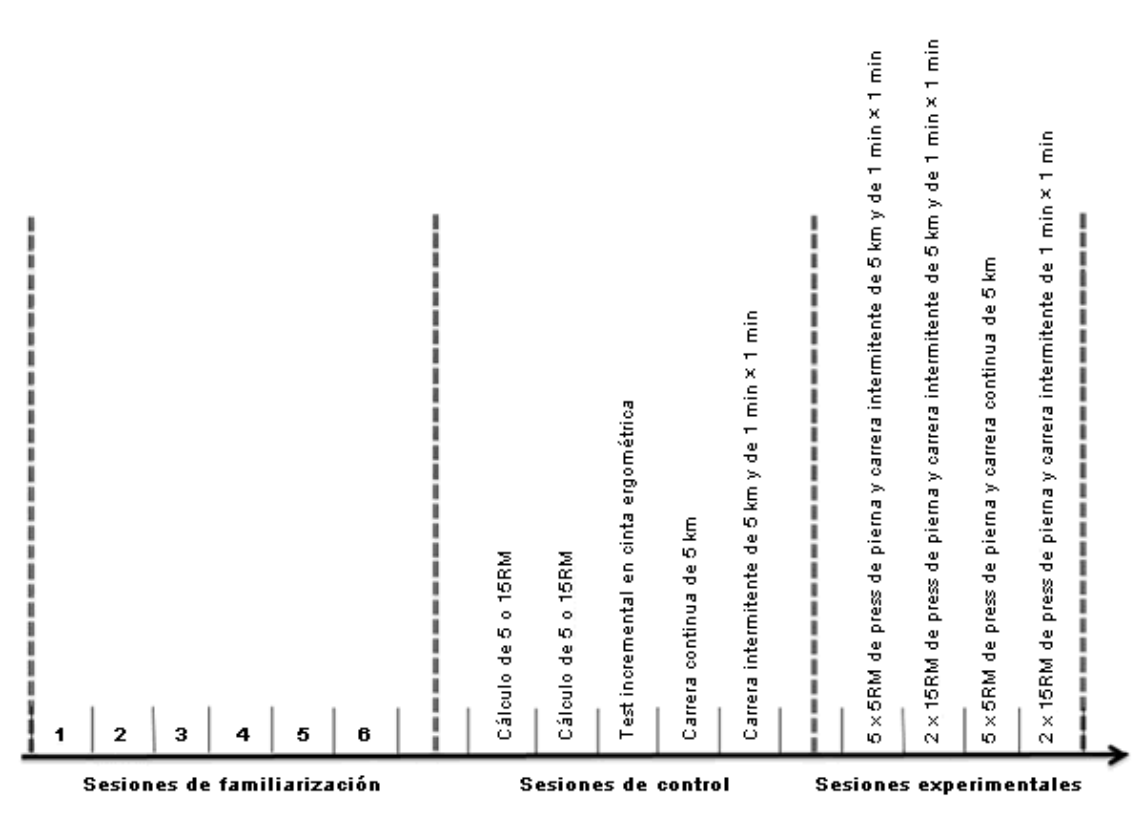

Figura 1. *Diseño experimental*

MÉTODOS

Este ha sido un estudio cruzado en el que los participantes realizaron cinco sesiones de control y cuatro sesiones experimentales. Los propósitos de las sesiones de control fueron calcular las cargas de los ejercicios para realizar las cinco series de cinco repeticiones máximas (5 × 5 RM) y dos series de quince repeticiones máximas (2 × 15RM) en el ejercicio de prensa de piernas inclinado (45°), determinar la velocidad del $VO_{2máx}$ ($vVO_{2máx}$), y el primer (vLT1) y segundo (vLT2) umbral de lactato durante un test incremental máximo en cinta ergométrica. En cada sesión experimental, los participantes debieron realizar una serie de ejercicios de fuerza antes de una serie de ejercicios aeróbicos, de la siguiente manera: Sesión experimental (A) 5 series de 5 RM en prensa de piernas con un período de recuperación de 3 min entre las series, seguidas de una carrera de 5 km realizada de manera continua (a la velocidad promedio entre el primer y segundo umbral ventilatorio, vΔ50), (B) 5 series de 5 RM en prensa de piernas con un descanso de 3 min entre las series seguidas de una carrera de 5 km realizada de manera intermitente (carrera de 1 min al $vVO_{2máx}$ x 1 min de descanso); (C) 2 series de 15 RM en prensa de piernas con un período de recuperación de 3 min entre las series seguidas de una carrera continua de 5 km; y (D) 2 series de 15 RM en prensa de piernas con un período de recuperación de 3 min entre las series seguidas de una carrera intermitente de 5 km. El orden de las sesiones experimentales se equilibró y se dividió de manera aleatoria utilizando la técnica de cuadrados de William (Kuehl, 2000). La Figura 1 ilustra el diseño experimental.

Participantes

Once hombres físicamente activos participaron de manera voluntaria en este estudio (Tabla 1). Todos los participantes contaban al menos con un año de experiencia en entrenamiento aeróbico y con sobrecarga, y se encontraban practicando ambas modalidades de entrenamiento durante al menos dos veces a la semana. A los participantes se los clasificó en categoría tres (alta), según el Cuestionario Internacional sobre Actividad Física (IPAQ). Realizaron actividades de intensidad vigorosa durante al menos tres días, acumulando como mínimo 1,500 $met \cdot min^{-1} \cdot$semana-1 o siete o más días de cualquier combinación de actividades de caminata de intensidad moderada o vigorosa alcanzando un mínimo de al menos 3,000 $met \cdot min^{-1} \cdot$semana-1. Además, los participantes se encontraban completamente adaptados a los ejercicios de fuerza y aeróbicos empleados en el presente (el $VO_{2máx}$ promediado 58.2 ± 8.2 $mL \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ y las cargas de 5 RM y 15 RM fueron de

310.6 ± 19.9 y 258.0 ± 14.6 kg, respectivamente). El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Institución y antes de que todos los participantes firmaran un consentimiento informado, se les notificó sobre los riesgos y beneficios inherentes al estudio.

Edad (años)	23.1(3.1)
Altura (m)	1.75 (0.07)
Peso (kg)	70.5 (8.8)
$VO_{2máx}$ ($mL \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$)	58.2 (8.3)
$vVO_{2máx}$ ($km \cdot h^{-1}$)	16.7 (1.6)
vLT1 ($km \cdot h^{-1}$)	10.9 (1.5)
vLT2 ($km \cdot h^{-1}$)	14.3 (1.2)
vΔ50 ($km \cdot h^{-1}$)	12.6 (1.3)

Tabla 1. *Características descriptivas promedio (±DE) de la muestra. $VO_{2máx}$ = consumo máximo de oxigeno; $vVO_{2máx}$ = velocidad mínima para alcanzar el $VO_{2máx}$; vLLl = velocidad del umbral aeróbico; vLL2 = velocidad del umbral anaeróbico; vΔ50 = velocidad promedio (vLLl + vLL2/2).*

Sesiones de Familiarización

Los participantes se sometieron a seis sesiones de familiarización, separadas por al menos cuatro días, para estar familiarizados con los ejercicios de fuerza y los aeróbicos, y para determinar las cargas de 5 RM y 15 RM. A fin de evitar cualquier efecto residual, a los participantes se les ordenó que se abstuvieran de realizar ejercicios 2 días antes de las sesiones experimentales. Durante una entrada en calor estándar, los participantes corrieron durante 5 min a 9 $km \cdot h^{-1}$ en la cinta ergométrica (Sper ATL, Inbrasport®, Porto Alegre, Brasil); luego, realizaron 2 series de 5 repeticiones en prensa de piernas inclinado a 45° (Nakagym®, São Paulo, Brasil) con una carga equivalente al 50 y 70% de cuatro veces su masa corporal, en la primera y segunda series, respectivamente. En la primera y segunda sesiones de familiarización, los participantes realizaron cuatro series en el ejercicio de prensa de piernas a fin de obtener un cálculo inicial de las cargas de 5 RM y 15 RM, y series de carrera intermitente en cinta ergométrica. En la tercera y cuarta sesiones de familiarización, se obtuvo un cálculo más preciso de las cargas de 5 RM y 15 RM. Los participantes realizaron hasta 3 series de 5 repeticiones y 2 series de 15 repeticiones a fin de obtener su carga máxima para cada rango de repetición. Se permitió un intervalo de 3 min entre las series para ambas cargas. Por último, la carga de 5 RM (310.6 ± 19.9 kg) se obtuvo en la quinta sesión de familiarización y la carga de 15 RM (258.0 ± 14.6 kg), en la sexta sesión utilizando los cálculos obtenidos en las sesiones previas.

Sesiones de Control

La primera y segunda sesiones de control se utilizaron para determinar y para ajustar la carga total de trabajo (repeticiones × series × carga) para las 5 series de 5 RM y para las 2 series de 15 RM en prensa de piernas. Se permitió un período de recuperación de 3 min entre las series para ambas cargas de ejercicios.

En la tercera sesión de control, los participantes realizaron un test incremental máximo en cinta ergométrica (Sper ATL, Inbrasport®, Porto Alegre, Brasil). Antes de cada prueba, el analizador de gas se calibró utilizando aire ambiente y un gas de composición conocida (20.9% O_2 y 5% CO_2). El flujómetro de la turbina se calibró utilizando una jeringa de 3-L (Quinton Instruments, Seattle, WA, EUA). La frecuencia cardiaca (HR) se monitoreó durante la prueba con un transmisor de frecuencia cardiaca (modelo S810, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) unido al analizador de gases (Quarkb2, Cosmed®, Rome, Italia). La prueba comenzó en 6 $km \cdot h^{-1}$ con incrementos de 1.2 $km \cdot h^{-1}$ cada 3 min, hasta llegar al agotamiento (Heck et al., 1985). A lo largo de toda la prueba, los participantes utilizaron una máscara (Hans Rudolph®, Kansas City, MO, EUA) conectada al analizador de gases para mediciones continuas del intercambio gaseoso. Los datos se emparejaron promediando los datos en intervalos de 10 segundos y el consumo de oxigeno máximo ($VO_{2máx}$) se obtuvo a partir del promedio de los tres valores más elevados en la última etapa (Weston et al., 2002). Se proporcionó estímulo verbal para asegurar que se alcanzaran los valores máximos. Al final de cada etapa de 3 min, se extrajeron 25 µl de sangre arterializada del lóbulo de la oreja para medir la concentración de lactato en sangre [La^-] (Yellow Springs 1500 Sport, Yellow Springs®, EUA). Los tres evaluadores determinaron matemáticamente el primer y segundo umbral (vLT1 y vLT2), expresados en $km \cdot h^{-1}$, después de la identificación visual de los dos puntos de intersección (Ribeiro et al., 1986). Además, el valor del esfuerzo percibido (RPE) se midió al final de cada etapa según la escala de Borg (de 6 a 20). Las pruebas se realizaron en el mismo momento del día, a temperatura ambiente (20-24ºC) y al menos 2 hs después de la última comida.

En la cuarta y quinta sesiones de control, los participantes corrieron 5 km de manera continua a la vΔ50 o de manera intermitente (1:1 min) a la velocidad asociada con el $VO_{2máx}$ ($vVO_{2máx}$), respectivamente. La HR y el VO_2 se monitorearon de manera continua desde el principio hasta el final del período de ejercitación por medio del transmisor de frecuencia cardiaca y el analizador de gases, respectivamente. Los datos del VO_2 se emparejaron por promedios de 10 s y se analizaron los valores del último minuto de ejercicio total del ejercicio continuo y los últimos 30 s de cada intervalo de 1 min del ejercicio intermitente. El RPE y la [La^-] se analizaron antes, después de cada intervalo de 1km e inmediatamente después de finalizada la carrera de 5km.

Sesiones Experimentales

En las sesiones experimentales A y B, después de realizar 5 series de 5 RM en prensa de piernas, los participantes corrieron ya sea 5 km de manera continua (sesión A) a la vΔ50 o bien de manera intermitente (sesión B) a la $vVO_{2máx}$. Las sesiones C y D consistieron de 2 series de 15 RM en prensa de piernas seguidas de una carrera continua de 5 km (sesión C) a la vΔ50 o bien una carrera de 5 km realizada de manera intermitente (sesión D) a la $vVO_{2máx}$.

Análisis Estadísticos

La homogeneidad y normalidad de los datos se confirmó mediante métodos visuales y cuantitativos estándar (Shapiro-Wilk). La comparación del total de la carga de trabajo en el ejercicio de prensa de piernas entre las sesiones experimentales se llevó a cabo a través de un modelo mixto con un protocolo de ejercicios pre-aeróbicos (i.e., control, fuerza máxima y resistencia a la fuerza) y un protocolo de ejercicios aeróbicos (i.e., continuo e intermitente) como factores fijos, y los sujetos como un factor aleatorio (Ugrinowitsch et al., 2004). Las diferencias de la frecuencia cardiaca, la concentración de lactato en sangre, el RPE y el VO_2 entre las sesiones experimentales se compararon al final del primer y el quinto kilómetro, utilizando modelos mixtos con un protocolo de ejercicios pre-aeróbicos (i.e., control, fuerza máxima y resistencia a la fuerza) y un protocolo de ejercicios aeróbicos (i.e., continuo e intermitente) como factores fijos y los sujetos como factores aleatorios (Ugrinowitsch et al., 2004). Cuando se obtuvo un valor de F significativo, se realizó una prueba *post-hoc* con un ajuste de Tukey para realizar comparaciones múltiples. El nivel de significancia se estableció en $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

No hubo diferencias para el trabajo total realizado (kg) en ambas intervenciones experimentales, de fuerza máxima y de resistencia a la fuerza (i.e. control, ejercicios aeróbicos continuos e intermitentes) (Tabla 2).

	Fuerza máxima	Resistencia a la fuerza
Control	7789 (498)	7739 (439)
Continuo	7827 (452)	7812 (405)
Intermitente	7818 (443)	7796 (404)

Tabla 2. *Carga (± DE) promedio del total levantado en prensa de piernas (kg) en las sesiones de fuerza máxima y resistencia a la fuerza antes de los ejercicios aeróbicos del control, continuos e intermitentes.*

Hubo un incremento significativo en la HR durante las sesiones de ejercicios aeróbicos intermitentes (efecto principal del ejercicio aeróbico, $p = 0.038$) en el primer kilómetro (166 ± 14, 168 ± 14 y 168 ± 15 latidos·min^{-1} para las condiciones de control-intermitente, fuerza máxima-intermitente y resistencia a la fuerza-intermitente, respectivamente). No obstante, este efecto de la HR no se observó al final del quinto kilómetro (176 ± 16, 173 ± 17 y 176 ± 15 latidos·min^{-1} para las condiciones de control-intermitente, fuerza máxima-intermitente y resistencia a la fuerza-intermitente, respectivamente).

No hubo diferencias en la HR para las condiciones de control-continuo, fuerza máxima-continuo y resistencia a la fuerza-continuo en el primer kilómetro (158 ± 13, 163 ± 17, y 162 ± 21 latidos·min^{-1}, respectivamente) y en el quinto kilómetro (171 ± 20, 175 ± 23 y 173 ± 24 latidos·min^{-1}, respectivamente).

La [La^-] fue significativamente mayor ($p < 0.05$) al comienzo de ambas modalidades del ejercicio aeróbico cuando fueron precedidas por ejercicios de fuerza máxima y resistencia a la fuerza (datos sin mostrar). Sin embargo, no hubo diferencias

en la [La^-] entre las sesiones de ejercicios en el primer kilómetro para las condiciones de control-continuo, fuerza máxima-continuo y resistencia a la fuerza-continuo (2.7 ± 0.8, 2.7 ± 1.2, y 3.2 ± 1.8 $mmol \cdot L^{-1}$, respectivamente) ni para las condiciones de control-intermitente, fuerza máxima-intermitente y resistencia a la fuerza-intermitente (3.7 ± 2.3, 2.8 ± 1.5, y 3.1 ± 1.1 $mmol \cdot L^{-1}$, respectivamente).

También hubo una [La^-] significativamente mayor (efecto principal del ejercicio aeróbico, $p = 0.049$) en el quinto kilómetro del ejercicio intermitente que en las condiciones de ejercicio continuo (control-intermitente - 4.5 ± 1.7 con respecto a control-continuo - 2.4 ± 1.0, fuerza máxima-intermitente -3.3 ± 1.3 con respecto a fuerza máxima-continuo - 2.7 ± 1.7 y resistencia a la fuerza-intermitente - 3.0 ± 1.1 $mmol \cdot L^{-1}$ con respecto a resistencia a la fuerza-continuo - 2.6 ± 1.5 $mmol \cdot L^{-1}$).

En general, hubo una tendencia hacia valores de RPE mayores para las sesiones de ejercicios intermitentes que para las de ejercicios continuos en el primer (11.9 ± 2.3 y 10.9 ± 1.8 a.u., respectivamente) y quinto kilómetro (18.30 ± 2.0 y 16.9 ± 3.1 a.u., respectivamente) (efecto del ejercicio aeróbico, $p = 0.072$ y $p = 0.071$, respectivamente).

No hubo diferencias en el VO_2 entre los ejercicios aeróbicos continuos e intermitentes después de las intervenciones experimentales ($p > 0.05$). Los valores de VO_2 en el quinto kilómetro fueron similares entre las sesiones de ejercicios continuos e intermitentes (i.e. 45.0 ± 5.2, 44.9 ± 5.2, y 46.6 ± 6.1 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ para control-continuo, fuerza máxima-continuo y resistencia a la fuerza-continuo y 47.7 ± 9.6, 46.3 ± 7.5, y 47.1 ± 6.9 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ para control-intermitente, fuerza máxima-intermitente y resistencia a la fuerza-intermitente).

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio ha sido examinar los efectos de una serie previa de fuerza máxima o resistencia a la fuerza sobre las respuestas de las variables fisiológicas durante los ejercicios aeróbicos continuos e intermitentes. El principal hallazgo del presente estudio fue que ni las series de ejercicios de fuerza máxima ni de resistencia a la fuerza produjeron cambios agudos en el La^-, el VO_2, la HR y el RPE durante un ejercicio aeróbico continuo o uno intermitente. Estos resultados no respaldan la hipótesis de que la resistencia a la fuerza debería producir una interferencia en las variables asociadas con el ejercicio aeróbico continuo o intermitente.

Pocos estudios han investigado los efectos agudos producidos por los ejercicios de fuerza sobre las variables aeróbicas fisiológicas (Bailey et al., 1996; Drummond et al., 2005). En contraste con los presentes hallazgos, Drummond et al. (2005) hallaron que una serie de resistencia a la fuerza dio como resultado incrementos del 5%, 15% y 5% en la HR, RPE y el VO_2, respectivamente, durante una serie aeróbica continua. Es verosímil que las diferencias vistas entre los estudios son producto de las diferencias en el diseño de los presentes protocolos de ejercicios de fuerza. Específicamente, aquí se utilizaron dos (2 × 15 RM) y cinco series (5 × 5 RM) del ejercicio de prensa de piernas para la serie de ejercicios de resistencia a la fuerza y de fuerza máxima, respectivamente, mientras que Drummond et al. (2005) utilizaron 3 ejercicios de los miembros inferiores y 4 de la parte superior del cuerpo realizados en 3 series de 10 repeticiones para cada ejercicio (70% 1 RM). Existen dos explicaciones posibles para los hallazgos divergentes entre el presente estudio y el trabajo de Drummond. En primer lugar, Drummond et al. (2005) impusieron una sobrecarga más elevada a los músculos de los miembros inferiores que en el presente estudio, debido al mayor volumen total que trabajaron estos grupos musculares. Por lo tanto, cabe la posibilidad de que los participantes de su estudio tuvieran un mayor grado de fatiga periférica en los músculos de los miembros inferiores al comienzo del ejercicio aeróbico que los participantes del presente estudio. En segundo lugar, el entrenamiento de todo el cuerpo que se realizó en el estudio referido pudo haber producido algún grado de fatiga central, afectando el rendimiento durante la posterior actividad aeróbica, mientras que el entrenamiento de un único ejercicio utilizado en el presente estudio pudo haber evitado que se produzca este tipo de fatiga.

El presente estudio no respalda la hipótesis de que algunos protocolos de entrenamiento disminuirían o aumentarían al máximo el efecto de interferencia. El modelo teórico presentado con anterioridad sugiere que, sin importar el orden de los ejercicios, el efecto de interferencia se produciría cuando ambos estímulos (fuerza y resistencia) se diseñan para disminuir las reservas de energía de los músculos esqueléticos (Docherty y Sporer, 2000). El trabajo previo de este grupo (de Souza et al., 2007) halló que la práctica de una sesión de ejercicios aeróbicos intermitentes antes de un ejercicio de fuerza deriva en limitaciones en el rendimiento de resistencia a la fuerza ($p = 0.03$) y una tendencia ($p = 0.07$) a disminuir la fuerza máxima. Sin embargo, la ausencia de cambios en las variables aeróbicas reportadas en el presente estudio no respalda la idea de que un ejercicio de resistencia a la fuerza afecta las variables subyacentes del rendimiento aeróbico. En conjunto, los presentes datos sugieren que el efecto de interferencia se produce solo cuando el ejercicio aeróbico se realiza primero en la sesión de ejercicios (Abernethy, 1993; Bentley et al., 2000; Sporer y Wenger, 2003).

En resumen, los resultados de la investigación presente y pasada no parece proporcionar respaldo empírico para la hipótesis de que el fenómeno de interferencia aguda se produciría cuando ambas series de ejercicios (i.e. fuerza y aeróbico) hacen hincapié en los mecanismos periféricos y cuando una serie de entrenamiento con sobrecarga se realiza antes de una serie aeróbica.

CONCLUSIÓN

El entrenamiento concurrente ha sido ampliamente utilizado por atletas y entusiastas de la actividad física. No obstante, la secuencia de las modalidades de entrenamiento (aeróbica o de fuerza) dentro de una sesión de entrenamiento puede producir el fenómeno de interferencia. Los presentes hallazgos sugieren que la práctica de ejercicios de fuerza máxima o bien de resistencia a la fuerza de bajo volumen antes de los ejercicios aeróbicos no afecta el rendimiento de resistencia.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Sâo Paulo (FAPESP) (2007/00922-4 para LFCR y 2007/02738-6 para EOS). Los autores declararon que no había conflictos de interés.

Puntos Clave

- La fatiga residual periférica aguda no parece ser la única causa en el efecto de interferencia observado durante los regimenes de entrenamiento concurrente.
- Los mecanismos de fatiga periférica de la carrera, tales como la concentración de lactato, no se ven afectados por los ejercicios previos de fuerza de volumen más bajo.
- Los ejercicios de fuerza y resistencia a la fuerza realizados antes de una serie de carrera no parecen afectar el rendimiento de ésta última.
- Los mecanismos de fatiga periférica de la carrera, tales como la concentración de lactato, no se ven afectados por los ejercicios previos de fuerza de volumen más bajo.
- Los ejercicios de fuerza y resistencia a la fuerza realizados antes de una serie de carrera no parecen afectar el rendimiento de ésta última.

REFERENCIAS

1. Abernethy, P.J (1993). Influence of acute endurance activity on isokinetic. *Journal of Strength and Conditioning Research 7, 141-146*
2. Bailey, M.L., Khodiguian, N. and Farrar, P.A (1996). Effects of resistance exercise on selected physiological parameters during subsequent aerobic exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research 10, 101-104*
3. Bell, G.J., Syrotuik, D., Martin, T.P., Burnham, R. and Quinney, H.A (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology 81, 418-427*
4. Bentley, D.J., Smith, P.A., Davie, A.J. and Zhou, S (2000). Muscle activation of the knee extensors following high intensity endurance exercise in cyclists. *European Journal of Applied Physiology 81, 297-302*
5. Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G.P. and Amri, M (2005). Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine 39, 555-560*
6. De Souza, E.O., Tricoli, V., Franchini, E., Paulo, A.C., Regazzini, M. and Ugrinowitsch, C (2008). Acute effect of two aerobic exercise modes on maximum strength and strength endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research 21, 1286-1290*
7. Docherty, D. and Sporer, B (2000). A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Medicine 30, 385-94*
8. Drummond, M.J., Vehrs, P.R., Schaalje, G.B. and Parcell, A.C (2005). Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption. *Journal of Strength Conditioning Research 19, 332-337*
9. Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R. and Hollmann, W (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal Sports Medicine 6, 117-30*
10. Hickson, R (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal*

Applied Physiology 45, 255-263
11. Kraemer, W.J., Patton, J.F., Gordon, S.E., Harman, E.A., Deschenes, M.R., Reynolds, K., Newton, R.U., Triplett, N.T. and Dziados, J.E (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal Applied Physiology 78, 976-989*
12. Kuehl, R.O (2000). Design of experiments:statistical principles of research design and analysis. *Pacific Grove, Duxbury*
13. Leveritt, M., Abernethy, P.J., Barry, B.K. and Logan, P.A (1999). Concurrent strength and endurance training. A review. *Sports Medicine 28, 413-427*
14. Nelson, A., Arnall, D.A., Loy, S.F., Silvester, L.J. and Conlee, R.K (1990). Consequences of combining strength and endurance training regims. *Physical Therapy 70, 287-294*
15. Ribeiro, J.P., Hughes, V., Fielding, R.A., Holden, W., Evans, W. and Knuttgen, H.G (1986). Metabolic and ventilatory responses to steady state exercise relative to lactate thresholds. *European Journal Applied Physiology Occupational Physiology 55, 215-221*
16. Sporer, B.C. and Wenger, H.A (2003). Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research 17, 638-644*
17. Ugrinowitsch, C., Fellinghan, G.W. and Ricard, M.D (2004). Limitations of ordinary least squares models in analyzing repeated measures data. *Medicine Science Sports Exercise 36, 2144-2148*
18. Weston, S.B., Gray, A.B., Schneider, D.A. and Gass, G.C (2002). Effect of ramp slope on ventilation thresholds and VO2peak in male cyclists. *International Journal Sports Medicine 23, 22-27*

Cita Original

Eduardo Oliveira de Souza, Luis Fernando Caineli Rosa, Flávio de Oliveira Pires, Jacob Wilson, Emerson Franchini, Valmor Tricoli and Carlos Ugrinowitsch. The Acute Effects of Varying Strength Exercises Bouts on 5km Running. Journal of Sports Science and Medicine (2011) 10, 565 - 570