PubliCE, (PubliCE) 2003

Research

Efectos del Ejercicio Aeróbico sobre el Rendimiento de Fuerza luego de Varios Períodos de Recuperación

Ben C Sporer[1] y Howard A Wenger[1]

[1]*School of Physical Education, University of Victoria, Victoria, British Columbia, Canada V8V2Y2, Canadá.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar si el tipo e intensidad de entrenamiento aeróbico afecta el rendimiento en una sesión de entrenamiento de la fuerza subsiguiente después de varios períodos de recuperación. 16 sujetos de sexo masculino participaron en el estudio y fueron divididos en 2 grupos en base al entrenamiento aeróbico, intervalos de alta intensidad (MAX, n=8) y submáximo continuo (SUB, n=8). Cada sujeto realizó 4 series de press de banca y prensa de piernas con aproximadamente el 75% de 1 repetición máxima (1 RM) luego del entrenamiento aeróbico con períodos de recuperación de 4, 8, y 24 horas, así como una vez en condiciones de control. Tanto las condiciones de 4 y 8 horas resultaron en menos repeticiones totales en press de piernas que las condiciones de control y de 24 horas. No hubo ninguna diferencia entre las condiciones de control y la de 24 horas. No fue hallado ningún efecto principal con respecto al tipo de entrenamiento aeróbico. Fue concluido que cuando el entrenamiento aeróbico precede al entrenamiento de la fuerza, el volumen de trabajo que puede ser realizado está disminuido durante hasta 8 horas. Este deterioro parece estar localizado en los grupos musculares implicados en el entrenamiento aeróbico.

Palabras Clave: concurrente, entrenamiento, interferencia, resistencia

INTRODUCCION

Muchos deportes requieren atletas que posean altos niveles de tanto fuerza muscular como de capacidad aeróbica con el objeto de ser competitivos. Debido a restricciones de tiempo y demandas de los deportes, puede ser requerido que los atletas entrenen ambos componentes de la aptitud física durante la misma fase de entrenamiento (de ahora en adelante citado como entrenamiento concurrente). Ha sido demostrado que el entrenamiento concurrente resulta en una disminución de la mejora de la fuerza cuando se lo compara con el entrenamiento de la fuerza solo (8, 10-12). Sin embargo, también ha sido demostrado que las mejoras de la fuerza no son afectadas por el entrenamiento concurrente (2, 18, 22), y 1 estudio ha demostrado inhibición del desarrollo de la potencia aeróbica (19). Las respuestas específicas al entrenamiento concurrente parecen ser inconsistentes, aunque está generalmente aceptado que el entrenamiento concurrente resulta en una disminución de las mejoras de la fuerza con un impacto mínimo o ausencia del mismo sobre el desarrollo aeróbico (4, 16).

Las causas fisiológicas de estas ganancias de fuerza comprometidas no están bien entendidas. Varias hipótesis han sido propuestas en base a la evidencia de investigaciones de los requerimientos fisiológicos y las adaptaciones a los entrenamientos de fuerza o resistencia cuando se realizan exclusivamente. La hipótesis de fatiga (5, 16) sugiere que bajo condiciones de entrenamiento concurrente, la cantidad de trabajo que puede ser realizado en cada sesión de

entrenamiento de la fuerza está reducida debido a la fatiga del entrenamiento aeróbico anterior (5, 16). Esto puede resultar en ganancias de fuerza comprometidas a través del curso de un programa de entrenamiento. Solo 1 estudio ha examinado los efectos a largo plazo de diferentes períodos de recuperación sobre la fuerza a partir de entrenamiento concurrente en el mismo día y en días alternados. Sale et al. (22) examinaron los efectos de la recuperación sobre la fuerza en entrenamiento concurrente en el mismo día y en días alternados. Aunque los programas de entrenamiento fueron los mismos, el entrenamiento en días alternados mostró mejoras significativamente mayores en la fuerza máxima en press de piernas que el entrenamiento en el mismo día en las semanas 10 y 20. Además, el volumen de entrenamiento promedio para cada sesión de entrenamiento de la fuerza fue significativamente menor que para el grupo de entrenamiento del mismo día aunque la secuencia de entrenamiento aeróbico y de fuerza se alternó cada sesión. Ellos sugirieron que las 24 horas de recuperación luego del entrenamiento aeróbico resultaron en una mejora de la capacidad del músculo para realizar trabajo en comparación con 30 minutos (22).

Otros estudios proporcionaron una idea de por cuanto tiempo la fatiga del entrenamiento aeróbico previo puede afectar el volumen de entrenamiento de la fuerza (1, 15, 17). El entrenamiento aeróbico en una variedad de duraciones e intensidades compromete tanto el rendimiento isotónico como el isoquinético a los 30 minutos y a las 4 horas (1, 15). También ha sido demostrado que cuando la recuperación del ejercicio aeróbico se incrementa a 8 horas, los rendimientos de la fuerza no son comprometidos (17). Sin embargo, es difícil determinar una línea de tiempo de recuperación a partir de estos estudios, ya que los mismos varían en los protocolos de ejercicio y evaluación. Tanto el tipo como la intensidad del entrenamiento o la evaluación pueden afectar el grado en el cual la fuerza va a parecer ser comprometida (6, 16).

Como fue previamente mencionado, el entrenamiento de la fuerza y aeróbico concurrente resulta en ganancias de la fuerza comprometidas (8, 11, 12, 22). Las ganancias de la fuerza comprometidas parecen ser más pronunciadas cuando el entrenamiento de la fuerza le sigue al entrenamiento aeróbico (3), y esto puede ser debido a una disminución de la capacidad del músculo de realizar trabajo en una sesión de entrenamiento de la fuerza subsiguiente (1, 15, 22). El tiempo óptimo requerido entre una sesión de entrenamiento aeróbico y de la fuerza para asegurar una recuperación adecuada de los músculos que trabajaron no ha sido todavía determinado. De este modo, el propósito de este estudio fue examinar los efectos de 2 tipos diferentes de entrenamiento aeróbico sobre el rendimiento en un entrenamiento de la fuerza subsiguiente bajo duraciones de recuperación variables y determinar si hay un efecto específico para un grupo muscular.

METODOS

Acercamiento Experimental al Problema

Este estudio fue diseñado para lograr 3 objetivos. El primer objetivo es determinar si el ejercicio aeróbico anterior compromete el rendimiento de la fuerza, y si es así, cuanto tiempo dura este compromiso. Para alcanzar esto, cada sujeto llevó a cabo tres condiciones de recuperación diferentes de ejercicios aeróbicos así como una condición de control de ningún ejercicio aeróbico antes del entrenamiento de la fuerza. El segundo objetivo fue determinar si la intensidad del entrenamiento aeróbico afectaba de manera diferente el rendimiento de fuerza subsiguiente. Esto fue alcanzado dividiendo todos los sujetos en 2 grupos en base a la intensidad del entrenamiento aeróbico. El último objetivo fue determinar si el rendimiento agudo de fuerza es afectado o no de manera diferente dependiendo de los grupos musculares usados en un ejercicio aeróbico previo. Por medio de la utilización de una bicicleta ergométrica para el ejercicio aeróbico, fue alcanzado el aislamiento de los músculos del tren inferior, y nosotros fuimos de este modo capaces de comparar los efectos sobre el rendimiento de la fuerza del tren superior (press de banca) y del tren inferior (press de piernas). Fue esperado que con un tiempo de recuperación inadecuado, el ejercicio aeróbico minimizaría la cantidad de repeticiones que pueden ser realizadas en una sesión de entrenamiento de la fuerza subsiguiente. Además, el comprometimiento estaría limitado a los músculos usados en anteriores ejercicios aeróbicos, y fue esperado que el ejercicio aeróbico de alta intensidad tendría un mayor compromiso que el ejercicio aeróbico submáximo.

Sujetos

Luego de la aprobación del Comité de Ética para la Investigación con Humanos de la Universidad de Victoria, fueron reclutados 17 sujetos varones de la comunidad atlética de la universidad. Todos estaban activamente implicados en deportes y estaban de este modo acostumbrados al entrenamiento a intensidades máximas. Los 17 sujetos varones incluyeron 2 jugadores de rugby del equipo universitario; 3 jugadores de hockey (Junior A y arriba de esta categoría); 1 remero del equipo universitario; 3 jugadores de tenis del equipo universitario; un jugador de fútbol; y 7 atletas recreacionales (una variedad de deportes incluyendo fútbol, hockey, ciclismo de montaña, y jogging). Todos los sujetos estaban entrenados en fuerza en el momento que se realizó el estudio (2-3 veces por semana para tanto el tren superior como el inferior) y por lo menos durante 6 meses consecutivos en los 2 años anteriores. Los sujetos también tenían

experiencia previa realizando intervalos aeróbicos de alta intensidad. Todos los sujetos fueron controlados médicamente con el Par-Q, firmaron un consentimiento informado, y fue asegurada la confidencialidad de los resultados.

Un sujeto abandonó antes de completar el estudio debido a una lesión, y de este modo solo 16 sujetos completaron todas las condiciones de entrenamiento y evaluación. Un sujeto realizó press con mancuerna en vez de press de banca debido a una lesión en el hombro.

Diseño Experimental

El estudio siguió un diseño aleatorio para los sujetos. Los sujetos fueron aleatoriamente divididos en 1 de 2 grupos, un grupo de entrenamiento intervalado aeróbico de alta intensidad (MAX) o un grupo de entrenamiento aeróbico contínuo submáximo (SUB). Fue requerido que los sujetos visitaran el laboratorio en 9 ocasiones diferentes. Una sesión implicó una evaluación inicial de 1 repetición máxima (1 RM) en press de piernas y press de banca, para determinar las cargas a ser usadas en las sesiones de entrenamiento de la fuerza. Una segunda sesión fue usada para determinar el VO_2 máx. en la bicicleta ergométrica de cada sujeto y la producción de potencia en el VO_2 máx. (MAPW). El resto del entrenamiento y las sesiones de evaluación (3 sesiones de entrenamiento aeróbico y 4 sesiones de entrenamiento de la fuerza) fueron aleatorios con un mínimo de 72 horas de descanso entre cada sesión de evaluación de la fuerza. Todas las sesiones de evaluación de la fuerza fueron realizadas durante una ventana de 3 horas a la tarde para explicar los efectos diurnos. Los entrenamientos aeróbicos y de fuerza fuera del estudio no fueron permitidos 48 horas antes de una sesión de evaluación de la fuerza, y se les pidió a los sujetos que mantuvieran otras actividades a un nivel mínimo. Las sesiones de entrenamiento y evaluación fueron arregladas entre el entrenamiento del equipo y las fechas de competiciones. 5 bicicletas ergométricas Monark fueron calibradas antes, durante, y al final del estudio para asegurar precisión y consistencia a las intensidades de entrenamiento. Todos los sujetos realizaron sesiones de evaluación de la fuerza en la misma press de piernas inclinada (Body Masters) y press de banca.

Evaluación de VO_2 máx.

La masa (kilogramos) y la talla (centímetros) fueron obtenidas antes de la evaluación del VO_2 máx. Los sujetos fueron instruidos para realizar estiramientos antes de que comenzara la evaluación de ciclismo. La evaluación fue incremental y comenzó con una etapa de 2 minutos entre 70 y 80W. Cada etapa después duró 1 minuto, y la carga fue incrementada en 35-40W para cada etapa hasta que cada sujeto no pudiera continuar. Las revoluciones del pedal (rpm) fueron determinadas entre 70 y 80rpm. El consumo de oxígeno fue medido usando un Sistema de Vmáx. Sensormedics y fue expresado relativo a la masa corporal. Se consideró que el VO_2 máx. era alcanzado cuando habían ocurrido 2 o más de los siguientes criterios: (a) había un plateau (incremento $<2ml.kg^{-1}.min^{-1}$) o disminución en el consumo de oxígeno con un incremento subsiguiente en la carga de trabajo; (b) había sido alcanzada la frecuencia cardiaca máxima predicha para la edad; (c) había sido alcanzado un cociente respiratorio de 1.1 o mayor; (d) el sujeto alcanzaba la fatiga. Las revoluciones por minuto fueron registradas al final de cada etapa, y en combinación con la carga, fueron usadas para determinar el MAPW en watts. La frecuencia cardiaca máxima (HRMAX) fue monitoreada y registrada usando un monitor de la frecuencia cardiaca Polar Sport y el mismo fue luego usado para monitorear la intensidad de las sesiones de entrenamiento aeróbico.

Entrenamiento Aeróbico MAX

Los sujetos en el grupo MAX realizaron entrenamiento intervalado que consistía de una entrada en calor de 5 minutos, 6 intervalos de ejercicio de 3 minutos separados por períodos de recuperación de 3 minutos, y una vuelta a la calma de 5 minutos. Durante los períodos de entrada en calor, vuelta a la calma, y recuperación, la intensidad de entrenamiento fue aproximadamente del 40% de la MAPW. El primer intervalo de ejercicio fue realizado a aproximadamente el 95-100% MAPW para los 3 minutos completos, mientras que los intervalos subsiguientes fueron ajustados para asegurar que los sujetos estuvieran entrenando a la HRMAX y fueran capaces de completar las sesiones de entrenamiento. Ninguno de los intervalos, sin embargo, fue reducido a menos de aproximadamente el 85% de la carga alcanzada en la MAPW, y el mismo protocolo de carga fue usado para las siguientes 2 sesiones de entrenamiento aeróbico para asegurar la consistencia. Las revoluciones por minuto fueron registradas en el primer, segundo y tercer minuto de cada intervalo de ejercicio y fueron usadas para calcular los watts y el trabajo promedio realizado durante cada intervalo de ejercicio. Esto fue usado para calcular los watts y el trabajo (joules) realizado durante cada sesión de entrenamiento. Las rpm promedio fueron también registradas durante cada período de recuperación de 3 minutos. El entrenamiento intervalado fue diseñado para reflejar como entrenaban los atletas para la potencia aeróbica máxima y para optimizar el tiempo empleado en el VO_2 máx. (20).

Entrenamiento Aeróbico SUB

Los sujetos en el grupo SUB realizaron entrenamiento aeróbico submáximo que consistía de una entrada en calor de 5 minutos, 36 minutos a aproximadamente el 70% de la MAPW, y una vuelta a la calma de 5 minutos. Las revoluciones por minuto fueron registradas en intervalos de 6 minutos de la parte de entrenamiento submáximo. Los watts y el trabajo

promedio por sesión de entrenamiento fueron calculados para asegurar la consistencia. El entrenamiento SUB fue diseñado para igualar la duración del entrenamiento aeróbico MAX.

Evaluación de Fuerza de 1 Repetición Máxima

Fue requerido que los sujetos realizaran una entrada en calor general que consistía de 5 minutos de ciclismo y estiramientos de su elección. Todas las evaluaciones en press de piernas fueron realizadas en una press de piernas inclinada Body Masters de aproximadamente 45º, mientras que la evaluación en press de banca fue realizada en una press de banca estándar usando una barra de 20 kilogramos de estilo Olímpico. La evaluación en press de piernas precedió a la evaluación en press de banca, y ambas siguieron el mismo protocolo. Fue requerido que los sujetos realizaran entre 6 y 8 repeticiones con el 50% de 1 RM y esto fue seguido por un descanso de 4 minutos, y luego realizaron entre 2 y 4 repeticiones con aproximadamente el 75% de 1 RM. Desde este punto hacia delante, fue asignado un descanso de 4 minutos entre los intentos subsiguientes hasta que fue alcanzada 1. La 1 RM en press de piernas fue realizada como una contracción concéntrica desde un ángulo de articulación de 90º en la rodilla. Al final de la sesión de evaluación, se les pidió a los sujetos que mantuvieran el soporte vacío a un ángulo de la articulación de 90º en la rodilla de modo que la posición pudiera ser registrada y usada en las evaluaciones. Para el press de banca, fue requerido de los sujetos bajaran el peso de manera controlada hasta una distancia dentro de 2.5cm de su pecho y levantaran el peso hasta la extensión completa de sus brazos. La colocación de las manos quedó a elección del sujeto; sin embargo, la distancia entre las manos fue medida, y fue requerido que la misma fuera constante en todas las sesiones de evaluación de press de banca.

Evaluación de la Fuerza

La evaluación de la fuerza fue diseñada para imitar una sesión de entrenamiento de la fuerza característica. Fue requerido que los sujetos realizaran 4 series de press de piernas seguidas por 4 series de press de banca con una carga de aproximadamente 75% de 1 RM. Cada serie estuvo separada por un período de recuperación de 3 minutos, siendo todas las series de press de piernas realizadas antes de las de press de banca. Todos los sujetos realizaron una entrada en calor estándar que fue la misma para cada sesión de evaluación. Una repetición completa para el press de piernas consistía en bajar el peso hasta la marca de 90º y subir el peso nuevamente hasta su posición original. La confirmación verbal fue dada cuando la marca de 90º había sido alcanzada y los sujetos fueron alentados a esperar hasta la confirmación fuera recibida antes de levantar el peso. Una repetición completa en press de banca consistía en bajar el peso en una manera controlada hasta una distancia dentro de 2.5cm con respecto al pecho y subir el peso hasta la extensión completa de los brazos. Un asistente entrenado que era ciego con respecto a la condición de cada sujeto contaba todas las repeticiones completas. Las repeticiones totales fueron contadas para cada serie y cada sesión de evaluación.

Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos incluyeron el cálculo de estadística descriptiva para las comparaciones entre los grupos usando tests t independientes con ajuste Bonferroni. Fue conducido un análisis de varianza para mediciones repetidas (ANOVA; 2 x 4, grupo x tiempo) para cada una de las variables independientes del press de piernas (LP) y el press de banca (BP) usando la media de las repeticiones totales por sesión de entrenamiento (MTRL y MTRB, respectivamente) bajo cada condición. No fue encontrado un efecto para el tipo de entrenamiento aeróbico, así de este modo tanto el grupo MAX como el grupo SUB fueron combinados en 1 grupo (COMB). Fueron conducidos tests t apareados para los tests post hoc para los cuales fue encontrado un efecto principal. Fue usado un test t apareado, ya que el mismo favorece cometer un error tipo 1 a expensas de un error tipo 2. Debido a la alta variabilidad cuando se usan sujetos humanos en este marco de ejercicios y ya que el costo de cometer este tipo de error es mínimo, fue tomada esta opción. El nivel α de 0.05 fue usado para todos los tests estadísticos.

RESULTADOS

Sujetos

Los 16 sujetos incluyeron a 2 jugadores de rugby, 1 remero, 2 jugadores de tenis, un jugador de fútbol, y 7 atletas recreacionales. Las Tablas 1 y 2 resumen los valores y características pre-test de todos los sujetos en el grupo de entrenamiento aeróbico intervalado de alta intensidad (MAX) y del grupo de entrenamiento aeróbico continuo submáximo (SUB). No fueron encontradas diferencias significativas entre cada grupo en ninguna de las mediciones.

Entrenamiento Aeróbico

La producción de potencia promedio por sesión de entrenamiento aeróbico (MPO), y el trabajo por sesión de

entrenamiento promedio (TW) fueron significativamente diferentes entre los 2 grupos (Tabla 3). El grupo MAX trabajó a una producción de potencia significativamente más alta (314 vs. 248W, p=0.002), mientras que realizó significativamente menos TW a través de los 36 minutos (339kJ vs. 536kJ, p<0.001). El trabajo no fue diferente entre los grupos cuando fueron incluidos los intervalos de recuperación (TWIR) (486 vs. 536 kJ, p=0.151).

Press de Piernas

El MTRL a través de 4 series fue significativamente afectado por la cantidad de tiempo de recuperación entre las sesiones de entrenamiento aeróbico y de fuerza (p<0.001). El tipo de entrenamiento aeróbico (MAX, SUB) no mostró un efecto principal sobre el MTRL (p=0.71), ni tampoco hubo una interacción entre el tipo de entrenamiento y la condición de recuperación (p=0.97). Los análisis retrospectivos usando las condiciones de control en representación de la población revelaron un tamaño del efecto y potencia de 1.2 y 0.8, respectivamente, para el MTRL. En las horas 4 y 8, las repeticiones fueron menos (36 repeticiones, disminución de 25% en el volumen, p<0.001; y 44 repeticiones, disminución de 9% en el volumen, p<0.005, respectivamente) cuando se las comparó con la condición de control (48 repeticiones, Tabla 4). El MTRL fue mayor cuando el tiempo de recuperación fue incrementado desde las horas 4 a 8 (7 repeticiones, 22%, p=0.002) y desde las horas 8 a 24 (5 repeticiones, 12%, p=0.009). No hubo ninguna diferencia en el MTRL entre las condiciones de control y de recuperación de 24 horas (48 vs. 49, p=0.62). La tendencia general fue que a medida que el tiempo de recuperación del ejercicio aeróbico se incrementó hasta las 24 horas, así lo hizo el MTRL.

Press de Banca

El MTRB a través de 4 series no fue afectado por la cantidad de tiempo de recuperación desde el entrenamiento aeróbico o el tipo de entrenamiento aeróbico (p=0.97 y p=0.69, respectivamente). Las repeticiones promedio por condición son mostradas para todos los sujetos en la Tabla 5.

	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)
MAX			
Media	25	179.4	83.0
Rango	19-29	171.5-189	70.4-91.0
DS	1	1.8	2.1
SUB			
Media	26	179.4	82.0
Rango	20-32	173-191	73.0-97.5
DS	1	2.5	2.8

Tabla 1. *Media, rango y ± desvío estándar (DS) para la edad, talla, y peso para los grupos MAX (n=8) y SUB (n=8). MAX= grupo de entrenamiento aeróbico intervalado de alta intensidad; SUB=grupo de entrenamiento aeróbico continuo submáximo.*

	VO_2 máx. ($ml.kg.^{-1}min^{-1}$)	MAPW (W)	MLP (lbs)	MBP (lbs)
MAX				
Media	55.8	382	864	231
Rango	45.9-62.7	311-451	585-1140	180-335
DS	1.8	16	68	17
SUB				
Media	57.5	384	783	219
Rango	44.4-75.8	312-468	655-1080	165-305
DS	3.2	18	52	15

Tabla 2. *Media, rango y ± desvío estándar (DS) para el VO_2 máx., producción de potencia en el VO_2 máx. (MAPW), press de pierna máxima (MLP), y press de banca máxima (MBP) para los grupos MAX (n=8) y SUB (n=8). MAX= grupo de entrenamiento aeróbico intervalado de alta intensidad; SUB=grupo de entrenamiento aeróbico continuo submáximo.*

	MPO (W)	TW (J)	TWIR (J)
MAX	314 *	339066 **	485576
DS	11	12588	16744
SUB	248 *	535808 **	535808
DS	13	29302	29302

Tabla 3. *Medias de producción de potencia (MPO), trabajo durante el entrenamiento (TW), trabajo durante el entrenamiento incluyendo la recuperación (TWIR), y ± desvío estándar (DS) en cada sesión de entrenamiento aeróbico para los grupos MAX y SUB. MAX= grupo de entrenamiento aeróbico intervalado de alta intensidad; SUB=grupo de entrenamiento aeróbico continuo submáximo. *,** Denota diferencias significativas entre las condiciones (p<0.05).*

	Control	Hora 4	Hora 8	Hora 8
COMB (n=16)	48	36 *,***	44 *,**,***	49
DS	3	3	3	3

Tabla 4. *Volumen medio en el total de repeticiones a través de 4 series y ± desvío estándar (DS) para el press de piernas (MTRL) de todos los sujetos (COMB). * Diferencia significativa con respecto al control, p<0.05; ** Diferencia significativa con respecto a la hora 4, p<0.05; *** Diferencia significativa con respecto a la hora 24, p<0.05.*

	Control	Hora 4	Hora 8	Hora 24
COMB (n=16)	32	32	32	32
DS	1	1	1	1

Tabla 5. *Volumen medio en las repeticiones totales a través de las 4 series y ± desvío estándar (DS) para el press de banca (MTRB) para todos los sujetos (COMB).*

DISCUSION

Este estudio demostró que cuando el entrenamiento de la fuerza le sigue al entrenamiento aeróbico, el volumen de trabajo (repeticiones totales a través de 4 series a aproximadamente el 75% de 1 RM) que pueden ser realizadas en una sesión de entrenamiento de la fuerza, disminuye. El grado al cual el volumen es comprometido parece ser dependiente de la duración del período de recuperación entre las sesiones de entrenamiento y estar limitado a los grupos musculares utilizados en el entrenamiento aeróbico. Aunque puede ser asumido que esto sucede debido a un incremento del nivel de fatiga muscular, sin mediciones adicionales tales como biopsias musculares y lecturas electromiográficas, es difícil interpretar la causa de tal fatiga (iones hidrógeno, aporte energético, fatiga neural, o daño estructural).

La hipótesis de la fatiga establece que bajo condiciones de entrenamiento concurrente, el volumen que puede ser realizado en cada sesión de entrenamiento de la fuerza se reduce debido a la fatiga del entrenamiento aeróbico anterior, por ello resultando en ganancias de la fuerza disminuidas (5, 16). Entendiendo que el volumen total es un factor importante en la optimización de la respuesta al entrenamiento de la fuerza (16), una reducción en el volumen puede ser responsable de las mejoras en la fuerza comprometidas, observadas en los estudios de entrenamiento concurrente (8, 11-13).

El principal hallazgo en este estudio es que el volumen de entrenamiento de la fuerza que puede ser realizado en músculos previamente entrenados aeróbicamente es dependiente de la duración de la recuperación entre las sesiones de entrenamiento aeróbico y de fuerza. El ciclismo aeróbico resultó en una disminución del volumen realizado en el ejercicio de press de piernas (MTRL) con las recuperaciones en las horas 4 y 8 entre las sesiones (25% y 9%, respectivamente). Cuando fueron asignadas 24 horas de recuperación, el MTRL fue igual al de la condición de control. A medida que el tiempo de recuperación se incrementaba, el MTRL también se incrementaba (Tabla 1).

Este hallazgo coincide con la literatura actual. Leveritt y Abernethy (15) mostraron que la fuerza isoquinética e isotónica estuvo disminuida 30 minutos después de un ejercicio aeróbico intervalado de alta intensidad (5 minutos al 60-100% del VO_2 máx.). La fuerza isotónica pareció ser afectada en un mayor grado que la fuerza isoquinética. Fue observada una disminución del 27% en las repeticiones totales a través de 3 series al 80% de 1RM del ejercicio de sentadilla. Así, Abernethy (1) demostraron que la fuerza isoquinética estuvo disminuida por hasta 4 horas luego de un entrenamiento aeróbico intervalado de alta intensidad similar al de Leveritt y Abernethy (15). Si la fuerza isotónica es afectada por el entrenamiento aeróbico anterior en un mayor grado que la fuerza isoquinética (15), podría ser asumido que la fuerza isotónica sería afectada por hasta 4 horas también. Los presentes hallazgos apoyan la idea y también sugieren que los compromisos sobre la fuerza pueden durar hasta 8 horas luego del entrenamiento aeróbico.

Solo 1 estudio examinó el efecto de la actividad aeróbica previa sobre el rendimiento de fuerza subsiguiente con períodos de recuperación mayores a 4 horas. Leveritt et al. (17) demostraron que el rendimiento de la fuerza isoquinética, isométrica, e isotónica no fue afectado tanto 8 como 32 horas después del ejercicio aeróbico. Esto está en desacuerdo con los presentes hallazgos acerca de que la cantidad de repeticiones que pudieron ser realizadas en press de piernas estuvo reducida con 8 horas de recuperación. Las diferencias entre los protocolos de entrenamiento y evaluación combinadas son probablemente responsables de las inconsistencias en los hallazgos. Leveritt et al. (17) midieron el rendimiento en la fuerza isotónica con 2 series de extensiones de rodilla. Los patrones de movimiento del press de piernas y la extensión de piernas son ligeramente diferentes, siendo el press de piernas más similar al movimiento usado en el ciclismo, aunque bilateral. Segundo, la inclusión de 2 series extra en el presente estudio puede haber explicado las diferencias en los hallazgos. El presente estudio usó un protocolo de 4 series, el cual es frecuentemente usado en los protocolos de entrenamiento de la fuerza.

Los resultados también sugieren que si 24 horas de recuperación son asignadas entre el entrenamiento aeróbico y de fuerza, no va a ser experimentada ninguna pérdida en el volumen de entrenamiento de la fuerza. Esto coincide con Sale et al. (22) los cuales demostraron que el entrenamiento concurrente en el mismo día resultó en un volumen significativamente menor por sesión de entrenamiento de la fuerza cuando se lo comparó con el entrenamiento en días alternados. Sale et al. (22) utilizaron protocolos de entrenamiento de la fuerza (15-20 RM) y aeróbicos (intervalos al 90-100% del VO_2 máx.) similares a los del presente estudio. El entrenamiento en días alternados también resultó en mejoras significativamente mayores en la fuerza que en el entrenamiento del mismo día a través de 20 semanas. Fue hipotetizado que las ganancias comprometidas pueden reflejar el volumen comprometido por sesión de entrenamiento de la fuerza que fue experimentado con el entrenamiento del mismo día. Aunque Sale et al. (22) no usaron un grupo control para determinar si 24 horas constituyeron un tiempo suficiente o no para completar la recuperación, estos hallazgos coinciden con los presentes hallazgos, acerca de que los períodos de recuperación más largos permiten que sea realizado un mayor volumen de entrenamiento de la fuerza.

La duración de los períodos de recuperación en otros estudios de entrenamiento concurrente o varía o está poco clara, haciendo difícil mostrar relaciones con los presente hallazgos y los de Sale et al. (22). Sin embargo, las conclusiones que relacionan a la disminución del volumen en una sola sesión con las mejoras de la fuerza comprometidas a través de un estudio de entrenamiento deberían ser hechas con cuidado. También a sido demostrado que la fatiga es un factor importante contribuyente a los estímulos del entrenamiento de la fuerza (21). Si el músculo es llevado hasta la fatiga con una determinada carga en cada serie, es posible que el efecto de entrenamiento haya ocurrido sin tener en cuenta el número de repeticiones. Son necesarias futuras investigaciones para determinar el grado al cual la fatiga y el volumen contribuyen a cada estímulo de fuerza.

Es también posible que el número de series usadas en el presente estudio puedan haber escondido cualquier fatiga que pueda haber estado todavía presente en la hora 24. Las series múltiples de ejercicios múltiples son generalmente usadas en el entrenamiento de un grupo muscular específico. Si se hubiera usado un segundo ejercicio o más, podría haber sido observado un menor MTRL en la hora 24, cuando se comparó a esta condición con la condición de control.

Las diferencias en el MTRL entre las condiciones de recuperación fueron causadas debido a los diferentes niveles de fatiga en el músculo. La fatiga muscular es definida como el punto en el cual un nivel de fuerza particular no puede continuar siendo mantenido (10) y puede ser afectado por los incrementos en H^+ debido a la disociación del ácido láctico, disminución de los sustratos energéticos, disminución en la conducción neural, y daño estructural (9, 10, 23). Sin mediciones celulares y eléctricas específicas, es difícil determinar la naturaleza de la fatiga en las condiciones de las horas 4 y 8.

El segundo hallazgo importante de este estudio es que el efecto de la recuperación sobre el rendimiento de fuerza luego del ejercicio aeróbico es similar sin tener en cuenta si el ejercicio aeróbico es intervalado de alta intensidad o submáximo continuo. Las fibras musculares de contracción rápida (FT) más fuertes y potentes son las principales responsables de producir la fuerza requerida cuando se entrena la fuerza. Aunque el entrenamiento aeróbico recluta principalmente fibras de contracción lenta (ST), a medida que la intensidad aumenta, las fibras musculares FT son reclutadas en un mayor grado

(7). Sería esperado, entonces, que el entrenamiento aeróbico de alta intensidad resultaría en una mayor cantidad de fatiga antes del entrenamiento de la fuerza. Sin embargo, no fue demostrado ningún efecto del tipo de entrenamiento aeróbico sobre el MTRL en el presente estudio. Esto ocurrió probablemente debido al hecho de que cuando el trabajo total fue calculado para los grupos MAX (TWIR) y SUB, no hubo diferencias significativas en el trabajo total realizado entre los 2 (Tabla 3). Abernethy (1) demostraron una respuesta similar usando protocolos de entrenamiento y evaluación ligeramente diferentes. Usando ciclismo continuo y lento (150 minutos a ~35% del VO_2 máx.) y entrenamiento intervalado (5 repeticiones de 5 minutos al 60-100% del VO_2 máx.), fue demostrado que la fuerza isoquinética en una variedad de velocidades fue similarmente afectada por las condiciones de entrenamiento. Desafortunadamente, no fue reportado ningún cálculo del trabajo total realizado durante el entrenamiento aeróbico por cada grupo.

Un tercer hallazgo importante de este estudio es que las disminuciones de la fuerza parecen estar limitadas a los grupos musculares usados en el entrenamiento aeróbico anterior. No hubo ninguna diferencia en el MTRB cuando fue cambiada la duración del período de recuperación. Los mecanismos de la fatiga muscular son específicos de los grupos musculares utilizados y no serían esperados en los músculos del tren superior cuando el entrenamiento aeróbico es realizado principalmente con el tren inferior. Actualmente parecería que no hay ninguna investigación que examine los efectos agudos del entrenamiento aeróbico sobre la fuerza de los grupos musculares no ejercitados aeróbicamente. Algunos estudios de entrenamiento han examinado los efectos del entrenamiento concurrente sobre la fuerza del tren superior usando los grupos musculares del tren superior para el entrenamiento aeróbico (11, 14). Tanto Hennessy y Watson (11) como Kraemer et al. (14) demostraron que las mejoras en la fuerza del tren superior no fueron afectadas por el entrenamiento concurrente. Es posible que los grupos de entrenamiento concurrente en ambos de estos estudios de entrenamiento fueran capaces de mantener volúmenes similares de entrenamiento del tren superior que los grupos solo entrenados en fuerza. Sin embargo, esta conclusión es hecha con cuidado, ya que ambos estudios utilizaron múltiples intensidades de entrenamiento de la fuerza que fueron diferentes a las del presente estudio. La secuencia de entrenamiento también vario en ambos estudios de entrenamiento. Kraemer et al. (14) secuenciaron entrenamiento aeróbico 5-6 horas después de las sesiones de fuerza, mientras que Hennessy y Watson (11) utilizaron tanto entrenamiento del mismo día como de días alternados.

En conclusión, este estudio tuvo tres hallazgos importantes. El rendimiento de la fuerza es afectado por hasta 8 horas luego del ejercicio aeróbico, y este efecto es similar para el ejercicio aeróbico intervalado de alta intensidad y aeróbico continuo submáximo. También, este efecto es específico de los grupos musculares aeróbicamente entrenados. Son necesarias futuras investigaciones para determinar si la disminución aguda de la fuerza conduce a un compromiso de las ganancias de fuerza a través del curso de un período de entrenamiento. Adicionalmente, las investigaciones que examinen directamente mediciones fisiológicas pueden proporcionar una idea de la causa de la fatiga luego del entrenamiento aeróbico que resulta en un comprometimiento del rendimiento de fuerza.

Aplicaciones Prácticas

Los resultados de este estudio sugieren que aproximadamente 40 minutos de ejercicio aeróbico precedente pueden comprometer el rendimiento de fuerza por hasta 8 horas. Este compromiso parece ser específico de los grupos musculares usados en el entrenamiento aeróbico previo y es similar luego del ejercicio aeróbico intervalado de alta intensidad y continuo submáximo. Está poco claro si esto compromete o no al desarrollo de la fuerza a través del curso de un programa de entrenamiento. Sin embargo, se identificaron 2 factores para considerar cuando se programan las sesiones de entrenamiento para atletas que requieren mejoras en la capacidad aeróbica y de fuerza muscular. Primero, si se desea un rendimiento óptimo en una sesión de entrenamiento de la fuerza, es sugerido que sean asignados períodos de recuperación de 8 horas luego del ejercicio aeróbico, que sean utilizados diferentes grupos musculares, o que el entrenamiento de la fuerza preceda al entrenamiento aeróbico. Segundo, el entrenamiento aeróbico máximo parece afectar de manera similar al rendimiento de la fuerza que el entrenamiento aeróbico submáximo cuando se iguala la duración. Esto le proporciona al entrenador un amplio rango de intensidades para prescribir cuando el entrenamiento aeróbico debe preceder al entrenamiento de la fuerza. Aunque este estudio ha identificado algún entrenamiento clave cuando se utiliza entrenamiento concurrente, la programación del entrenamiento de la fuerza y aeróbico va a depender finalmente de los objetivos del atleta y de las demandas del deporte.

Dirección para Envío de Correspondencia

Ben C. Sporer, correo electrónico: sporer@interchange.ubc.ca

REFERENCIAS

1. Abernethy, P.J (1993). Influence of acute endurance activity on isokinetic strength. *J. Strength Cond. Res. 7: 141146*
2. Abernethy, P.J., and B.M. Quigley (1993). Concurrent strength and endurance training of the elbow flexors. *J. Strength Cond. Res. 7: 234240*
3. Bell, G.J., S.R. Petersen, H. Quinney, and H.A. Wenger (1988). Sequencing of endurance and high-velocity strength training. *Int. J. Sports Med. 13:214219*
4. Chromiak, J.A., and D.R. Mulvaney (1990). A review: The effects of combined strength and endurance training on strength development. *J. Appl. Sport Sci. Res. 4:5560*
5. Craig, B.W., J. Lucas, R. Pohlman, and H. Stelling (1991). The effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release. *J. Appl. Sport Sci. Res. 5:198203*
6. Docherty, D., and B. Sporer (2000). A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med. 30:385394*
7. Dudley, G.A.,W M. Abraham, and R.L. Terjung (1982). Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol. 53:844850*
8. Dudley, G.A., and R. Djamil (1985). Incompatibility of endurance and strength training modes of exercise. *J. Appl. Physiol. 53:14461451*
9. Edman, K.A.P (1992). Contractile performance of skeletal muscle fibers. *In: Strength and Power in Sport. P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell Scientific, pp. 96114*
10. Green, H.J (1990). Manifestations and sites of neuromuscular fatigue. *In: Biochemistry of Exercise VII (vol. 21). Champaign, IL: Human Kinetics*
11. Hennessey, L.C., and A.W.S. Watson (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *J. Strength Cond. Res. 8:1219*
12. Hickson, R.C (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur. J. Appl. Physiol. 45:255263*
13. Hunter, G., R. Demment, and D. Miller (1987). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *J. Sports Med. Phys. Fit. 27:269275*
14. Kraemer,W J., J.F. Patton, S.E. Gordon, E.A. Harman, M.R. Deschenes, K. Reynolds, R.U. Newton, N.T. Triplett, and J.E. Dziados (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol. 78:976989*
15. Leveritt, M., and P.J. Abernethy (1999). Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J. Strength Cond. Res. 13:4751*
16. Leveritt, M., P.J. Abernethy, B.K. Barry, and P.A. Logan (1999). Concurrent strength and endurance training: A review. *Sport Med. 28:413427*
17. Leveritt, M., H. MacLaughlin, and P.J (2000). Abernethy. Changes in leg strength 8 and 32 hours after endurance exercise. *J. Sport Sci. 18:865871*
18. McCarthy, J.P., J.C. Agre, B.K. Graf, M.A. Posniak, and A.C. Vailas (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc. 27:429436*
19. Nelson, A.G., D.A. Arnall, S.F. Loy, L.G. Silvester, and R.K. Conlee (1990). Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Phys. Ther. 70:287294*
20. Patterson, C.R.M., J.P. Neary, and H.A. Wenger (1997). Effect of different exercise intervals and work recovery ratios on oxygen uptake. *Sports Med. Rehabil. 7:185192*
21. Rooney, K.J., R.D. Herbert, and R.J. Balnave (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Med. Sci. Sports Exerc. 26:11601164*
22. Sale, D.G., J.D. MacDougall, I. Jacobs, and S. Garner (1990). Interaction between concurrent strength and endurance training. *J. Appl. Physiol. 68:260270*
23. Wenger, H.A., and A.T. Reed (1976). Metabolic factors associated with muscular fatigue during aerobic and anaerobic work. *Can. J. Appl. Sport Sci. 1:4347*

Cita Original

Sporer Ben C. and Howard A. Wenger. Effects of Aerobic Exercise on Strength Performance Following Various Periods of Recovery. J. Strength Cond. Res.; Vol. 17 (4), 638-644, 2003.