PubliCE, (PubliCE) 2013

Article

Compatibilidad de Respuestas Adaptativas con Entrenamiento Híbrido Simultáneo Aeróbico y de Fuerza

Don Melrose y Ronald G. Knowlton

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue examinar los efectos de un programa de entrenamiento híbrido, simultáneo, de fuerza y de resistencia aeróbica, sobre la potencia aeróbica y la fuerza muscular. Una test de 1RM de los flexores del codo y la potencia aeróbica máxima en cicloergómetro (VO_2 máx) se evaluaron para 15 sujetos desentrenados. Todos los tests se realizaron antes y después de un programa de entrenamiento de seis semanas. Se asignaron los sujetos al azar a tres grupos de entrenamiento: un grupo de entrenamiento aeróbico, un grupo de entrenamiento de la fuerza, y un grupo de entrenamiento simultáneo. Todo el entrenamiento se realizó tres veces por semana. El entrenamiento aeróbico consistió en cinco a seis turnos de tres minutos de ejercicio de alta intensidad realizados en un cicloergómetro Monark calibrado Todos los intervalos de entrenamiento ocurrieron al 85-100% del VO_2 máx del sujeto. Entrenándose los intervalos estaban separados por tres minutos de pausa. El entrenamiento de la fuerza consistió en ejercicio de flexión de brazos con el brazo dominante del sujeto usando una mancuerna de peso libre. El protocolo de entrenamiento de la fuerza consistió en realizar cuatro series de ejercicio de ejercicio por sesión separada por tres minutos de pausa. Las primeras dos semanas de entrenamiento consistieron en cuatro series de 10RM, la tercera semana de 8RM, la cuarta de 6RM, la quinta de 4RM, y la sexta de 2RM. El grupo de entrenamiento simultáneo realizó ambos protocolos de entrenamiento de la fuerza y aeróbico simultáneamente. Los grupos aeróbico y simultáneo aumentaron significativamente ($p < 0.05$) la potencia aeróbica de 33.6 ± 6.1 a 39.1 ± 6.8 y 36.2 ± 3.7 a 42.3 ± 5.4 ml·kg-1·min-1 respectivamente. No hubo ninguna diferencia significativa en el aumento de la potencia aeróbica entre los grupos de entrenamiento aeróbico y simultáneo. Los grupos de entrenamiento de la fuerza y el del entrenamiento simultáneo aumentaron significativamente ($p < 0.05$) la fuerza de 1RM de 11.36 ± 3.2 a 16.81 ± 5.1 kg y 13.81 ± 5.13 a 17.72 ± 6.15 kg respectivamente. No haubo ninguna diferencia significativa en la fuerza entre los grupos de entrenamiento de la fuerza y dele entrenamiento simultáneo. En conclusión, el entrenamiento simultáneo aeróbico de alta intensidad en cicloergómetro, y el entrenamiento de la fuerza, puede utilizarse para aumentar potencia aeróbica máxima y la fuerza de los flexores del codo eficazmente. Este estudio demuestra que el concepto de entrenamiento simultáneo de fuerza y resistencia de alta intensidad es viable y que este método para entrenarse puede volverse una opción de acondicionamiento físico quizás para atletas y no atletas.

Palabras Clave: entrenamiento simultáneo, entrenamiento concurrente, adaptación muscular

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de la fuerza y de la resistencia sirve como base del entrenamiento atlético y regímenes de fitness. Una variedad aparentemente interminable de modos, métodos, y técnicas son rutinariamente utilizados para lograr un rendimiento mayor y fitness. En la vanguardia de estos métodos de entrenamiento está el entrenamiento concurrente. El entrenamiento concurrente generalmente se refiere al rendimiento de ejercicio aerobico y el ejercicio anaeróbico dentro de un programa de entrenamiento atlético o de fitness. Con este fin, el entrenamiento de la fuerza y de la resistencia es aplicado en secuencias variantes dentro del mismo entrenamiento, diariamente, o semanalmente. Los atletas como las aplicaciones de fitness populares y comerciales capitalizan en estos temas básicos y proporcionan al consumidor opciones de ejercicio ilimitadas. Incluido dentro de esta variedad están las técnicas que combinan tanto entrenamiento de fuerza como entrenamiento aeróbico al mismo tiempo, no separadamente. Tales técnicas son ahora muy populares y normalmente son la mayoría utilizadas en ambientes de ejercicio en grupo en los que los individuos utilizan barras de pesas o mancuernas con el tren superior y alguna forma de movimiento aeróbico con el tren inferior al mismo tiempo. Para ser claros, este tipo de entrenamiento se derivaría como entrenamiento simultáneo.

Actualmente, la investigación disponible no documenta el entrenamiento simultáneo como fue definido anteriormente.

Sin embargo, numerosos estudios han investigado las interacciones del entrenamiento aeróbico y de fuerza sobre la fuerza muscular y la potencia aeróbica, que son el resultado del entrenamiento simultáneo tradicional en el mismo día o en diferentes días. Estas investigaciones reportan a menudo resultados mezclados (Abernethy y Quigley, 1993,; El Dudley y Djamil, (1985), Gravelle y Blessing, 2000,; Hennessy y Watson, 1994,; Hickson, 1980; Hunter, Demment, y Miller, 1987, McCarthy, Pozniak, y Agre, 2002,; McCarthy, Agre, Graf, Pozniak, y Vailas, 1995). En todos las investigaciones revisadas, los grupos de entrenamiento experimentales que realizaron el entrenamiento concurrente no tuvieron deterioro en la magnitud del aumento de la potencia aeróbica comparado a los grupos de entrenamiento que sólo realizaron el entrenamiento aeróbico. Las numerosas adaptaciones fisiológicas y estructurales que son el resultado del entrenamiento aeróbico parecen estar inalteradas cuando se combina simultáneamente con el entrenamiento de la fuerza. Algunos estudios, en los cuales el entrenamiento concurrente fue realizado, mostraron menos aumento significativamente en la fuerza muscular como cuando es comparado a esos grupos experimentales que sólo realizaron el entrenamiento de la fuerza (Dudley & Djamil, 1985,; Hennessy & Watson, 1994,; Hickson, 1980). Nuevamente, hay varios estudios que demuestran pequeño, si existe alguno, deterioro en la magnitud de la ganancia de fuerza (Abernethy & Quigley, 1993,; Hunter y cols. 1987, McCarthy y cols., 2002; McCarthy y cols., 1995, Volpe, Walberg-Rankin, Webb-Rodman, y Sebolt, 1993). La Mayoría de las investigaciones que mencionan un decremento de la fuerza, reportan que la ganancia de fuerza es aislada al mismo grupo muscular que se utilizó durante la porción del entrenamiento aeróbico del estudio. Hay una falta de acuerdo general actualmente entre los investigadores sobre las causas exactas del deterioro de la ganancia de fuerza como resultado del entrenamiento concurrente.

Independientemente del grado de compatibilidad, el entrenamiento concurrente puede ofrecer a aumentos en la fuerza muscular y en la capacidad aeróbica, cada uno de los estudios mencionados utiliza metodologías de entrenamiento únicas y diseños experimentales. Estas diferencias importantes hacen difícil discernir el grado de efectividad y la aplicación óptima del entrenamiento concurrente. El entrenamiento simultáneo complica aún más el entrenamiento y los resultados del entrenamiento debido a su naturaleza híbrida (algo mezclado). Este tipo de entrenamiento es físicamente complicado y requiere la coordinación completa del cuerpo. Puesto que no involucra una separación de los dos modos de entrenamiento y es relativamente difícil de coordinar eficazmente, la eficacia de este entrenamiento es incierta en ambientes de laboratorio o ambientes de ejercicio en grupo. El objetivo de este experimento fue examinar la eficacia de sincronizar el entrenamiento de la fuerza y de la resistencia y su efecto sobre la fuerza muscular y la potencia aeróbica.

METODOS

Sujetos

Quince sujetos, nueve mujeres y seis hombres, de 18 a 28 de edad, se reclutaron para este estudio (Tabla 1). Antes de la recolección de datos, los sujetos no habían participado en un programa de ejercicio regular durante un período de seis meses. Todos los sujetos fueron exigidos a rellenar una encuesta de la historia médica con el propósito de encontrar contraindicaciones a la participación. La Universidad de Illinois Del sur en el Carbondale Human Subjects Committee se concedió la aprobación para este estudio. Los sujetos estaban informados de los riesgos asociados con la participación en el estudio y como consecuencia firmaron un consentimiento informado antes de la recolección de datos.

Variable	Mujeres (n = 9)	Varones (n = 6)
Edad (años)	21.1 ± 2.6	21.2 ± 1.5
altura (cm)	158.5 ± 16.6	180 ± 6.7
Peso (kg)	69.8 ± 7.7	88.0 ± 20.7
Grasa corporal (%)	26.1 ± 5.2	15.2 ± 5.5

Tabla 1. *Características de los sujetos (media ±SD)*

Diseño experimental

Se asignaron los sujetos a uno de tres grupos de entrenamiento. Cada grupo de entrenamiento se asignó tres mujeres y dos hombres al azar. El primer grupo de entrenamiento era un grupo del entrenamiento de la fuerza sólo (F), el segundo era un grupo de entrenamiento aeróbico sólo (A), y el tercero era un grupo de entrenamiento simultáneo (FA). la evaluación sujeta Todo ocurrió una semana pre - y uno post-entrenamiento de la semana. Los sujetos en todos los tres grupos de entrenamiento realizaron una evaluación aeróbica y una de fuerza. Todo el entrenamiento se dirigió tres veces por semana en intervalos regulares, típicamente en una base de días alternados.. La duración del período de entrenamiento fue de seis semanas. Toda la pre-evaluación tuvo lugar antes de una semana anterior y después del período de entrenamiento.

Evaluación de 1RM

Un test de una máxima repetición (1RM) de flexión del codo (curl de bíceps) unilateralmente se realizó usando el brazo dominante del sujeto. Una mancuerna con discos se utilizó para la evaluación de 1RM. Se sentaron los sujetos con sus pies en el suelo. El curl de bíceps se realizó con la mano en posición supinada a lo largo del rango de movimiento del levantamiento. Un protocolo de 1RM consistente con las pautas de la NSCA fue utilizado antes de la evaluación máxima (el Baechle & Earle, 2000). Un levantamiento máximo era determinado cuando el sujeto podía completar sólo una repetición en forma estricta.

Evaluación de la Potencia Aeróbica

Un cicloergómetro Monark calibrado (Varberg, Suecia) se utilizó para toda la evaluación de la potencia aeróbica. El consumo máximo de oxígeno del cicloergómetro (VO_2máx EC) fue medido usando un sistema Parvo Medics, True Max 2400 Metabolic Measuring (la Tecnología de Concentius). Los sujetos llevaron puesto un monitor de frecuencia cardíaca Polar durante toda la evaluación. Un período de precalentamiento submáximo de cinco minutos precedió al comienzo del protocolo de evaluación de la potencia aeróbica. Una tasa de pedaleo de 60 rpm se mantuvo a lo largo del test. Una carga de trabajo inicial de 60 Vatios (W) se realizó durante un minuto. Al principio de cada minuto después del primer minuto, la intensidad de pedaleo era aumentado a 30 W. La frecuencia cardíaca era registrada al final de cada carga de trabajo respectiva. El VO_2máx en cicloergómetro fue determinado por la aparición de una cosa de lo siguiente; un plateau o disminución en el consumo de oxígeno con un aumento subsecuente en la carga de trabajo, obteniendo la frecuencia cardíaca máximo predecida por la edad o la fatiga volitiva. Un período de vuelta a la calma siguió al término de la prueba.

Entrenamiento de la Fuerza

El entrenamiento de la fuerza se realizó unilateralmente con el brazo dominante del sujeto. Una mancuerna cargada con discos fue usada para realizar el ejercicio de flexión del codo (curl de bíceps). Como con la prueba de 1RM, el entrenamiento de la fuerza se realizó en posición sentada. Las sesiones de entrenamiento primera y tercera de cada semana se las designó como días "fuertes" de entrenamiento mientras que la segunda sesión era un día de entrenamiento "ligero". La evaluación piloto reveló que el dolor muscular y articular eran un problema con tres sesiones de entrenamiento pesadas por semana. Un período de precalentamiento breve, que consistía en dos a tres series de 12-15 repeticiones aproximadamente al 50% de 1RM del sujeto, precedió cada sesión de entrenamiento. Se realizaron cuatro series de ejercicio durante cada sesión de entrenamiento después del período del precalentamiento. El protocolo del entrenamiento de la fuerza fue periodizado por cargas de MR en el transcurso del programa de entrenamiento de seis semanas. Las primeras dos semanas de entrenamiento consistieron en la realización del ejercicio de flexión del brazo a una carga de 10MR del sujeto. La tercera semana se realizó a una carga de 8MR del sujeto. La cuartase realizó a una carga de 6MR, la quinta a 4RM, y la sexta a 2RM. Las cargas de entrenamiento eran ajustadas si era necesario a lo largo de las sesiones de entrenamiento para lograr las repeticiones designadas par todas las series. Se realizaron las sesiones de entrenamiento de los días livianos aproximadamente al 75 a 80% de las cargas de entrenamiento pesadas. Todas las series de ejercicio estaban separadas por tres minutos de pausa.

Entrenamiento Aeróbico

El entrenamiento aeróbico se realizó en un cicloergómetro Monark (Varberg, Suecia). Se calibraban los cicloergómetros cada semana. El monitor de frecuencia cardíaca fue puesto en cada sujeto durante el entrenamiento para supervisar la intensidad del ejercicio durante el entrenamiento. Después de un período de precalentamiento breve, consistente en cinco a 10 minutos de pedaleo liviano sub-máximo, el entrenamiento aeróbico comenzaba. Las sesiones de entrenamiento consistieron en cinco intervalos de ejercicio de tres minutos separados por tres minutos de pausa. Todos los intervalos de entrenamiento se realizaron a una tasa de pedaleo de 60 rpm. Se realizaron los turnos de ejercicio a potencias correspondiente al 85 al 100% VO_2 máx del sujeto en CE. Empezando la cuarta semana de entrenamiento, un sexto intervalo de entrenamiento al 85 al 100% VO_2máx fue agregado. Los porcentajes del VO_2 máx de CE del sujeto fueron calculados usando la fórmula de Karvonen (American College of Sports Medicine [ACSM], 2000).

Entrenamiento Simultáneo

Los entrenamientos simultáneos consistieron en ambos protocolos de entrenamiento de la fuerza y de entrenamiento aeróbico realizados al mismo tiempo. Al comenzar el protocolo del entrenamiento aeróbico y lograr el pedaleando deseado a la tasa de 60 rpm, se les daba los sujetos una mancuerna apropiadamente cargada. Los sujetos continuaron pedaleando mientras realizaban el curl con la mancuerna hasta el número de las repeticiones deseadas para que la serie fuera lograda. La coordinación de las actividades del ejercicio simultáneo fue lograda rápidamente por cada sujeto. En la realización de la serie, la mancuerna estaba dejada a un lado y el sujeto completaba el intervalo aeróbico.

Análisis Estadístico

Todos los análisis estadísticos fueron hechos usando el sistema informático de Análisis estadístico SIUC. Se representaron las medidas de tendencia central y de dispersión de datos como promedios y desviaciones estándar. El protocolo experimental empleó un diseño de medidas repetidas. Un análisis de medidas repetidas dos por tres de varianza (ANOVA) fue realizado para analizar dentro y entre las diferencias de grupo. Los análisis de intra- y dentro de- grupo consistieron en lo siguiente para cada grupo: 1) mediciones pre- y post- entrenamiento 1RM y 2) mediciones de la potencia aeróbica de pre- y post- entrenamiento. El nivel de criterio alfa fue fijado en $p < 0.05$. Todas las interacciones estadísticamente significativas fueron analizadas para determinar si ambos grupos de entrenamiento tuvieron más grandes aumentos en la potencia aeróbica o la fuerza muscular pre- a post-entrenamiento respecto a los otros grupos de entrenamiento. Una técnica post-hoc para los efectos diferenciales, fue utilizada para analizar las interacciones significativas entre los grupos de entrenamiento (Khanna, 1994).

RESULTADOS

Fuerza Muscular

Hubo un aumento significativo en 1RM para el grupo de entrenamiento simultáneo de pre- a post-entrenamiento (13.81 ± 5.13 a 17.72 ± 6.15 kg), un aumento del 28.29%. Hubo un aumento significativo en 1RM para el grupo del entrenamiento de la fuerza de pre- a post-entrenamiento (11.36 ± 3.20 a 16.81 ± 5.1 kg), un aumento del 48.0% (Figura 1.). No hubo ninguna diferencia significativa en el aumento de la fuerza muscular entre el grupos de entrenamiento de la fuerza y el grupo de entrenamiento simultáneo. El grupo de entrenamiento aeróbico no tuvo aumentos significativos en la fuerza muscular.

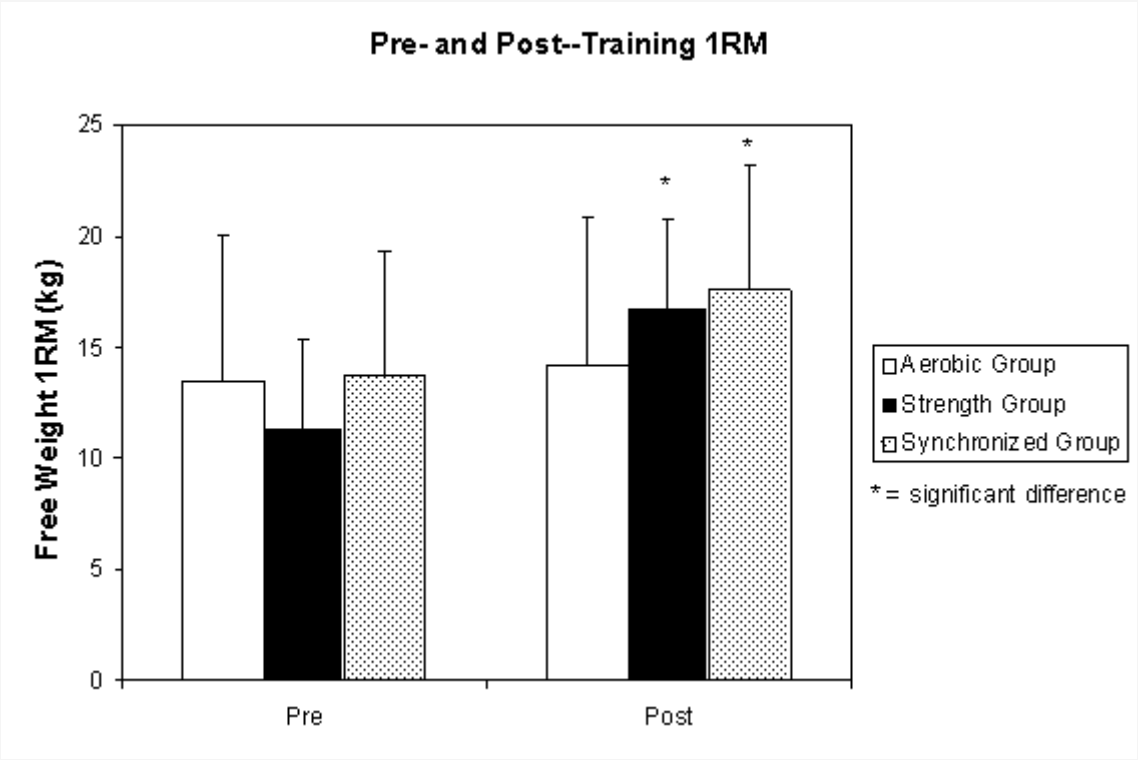


Figura 1. *Changes in muscular strength pre-training to post-training*

Potencia Aeróbica

El grupo de entrenamiento simultáneo aumentó significativamente el VO_2máx de CE de pre- a post-entrenamiento (36.2 ± 3.7 a 42.3 ± 5.4 ml ·kg-1 · min-1), un aumento del 16.75%. El grupo del entrenamiento aeróbico aumentó significativamente el VO_2máx de CE de pre- a post-entrenamiento (33.5 ± 6.1 a 39.1 ± 6.8 ml ·kg-1 · min-1), un aumento del 16.49% (ver Figura 2.). No hubo ninguna diferencia significativa en la magnitud del aumento del VO_2máx de CE entre los grupos de entrenamiento aeróbico y simultáneo. No hubo un aumento significativo en la potencia aeróbica para el grupo del entrenamiento de la fuerza.

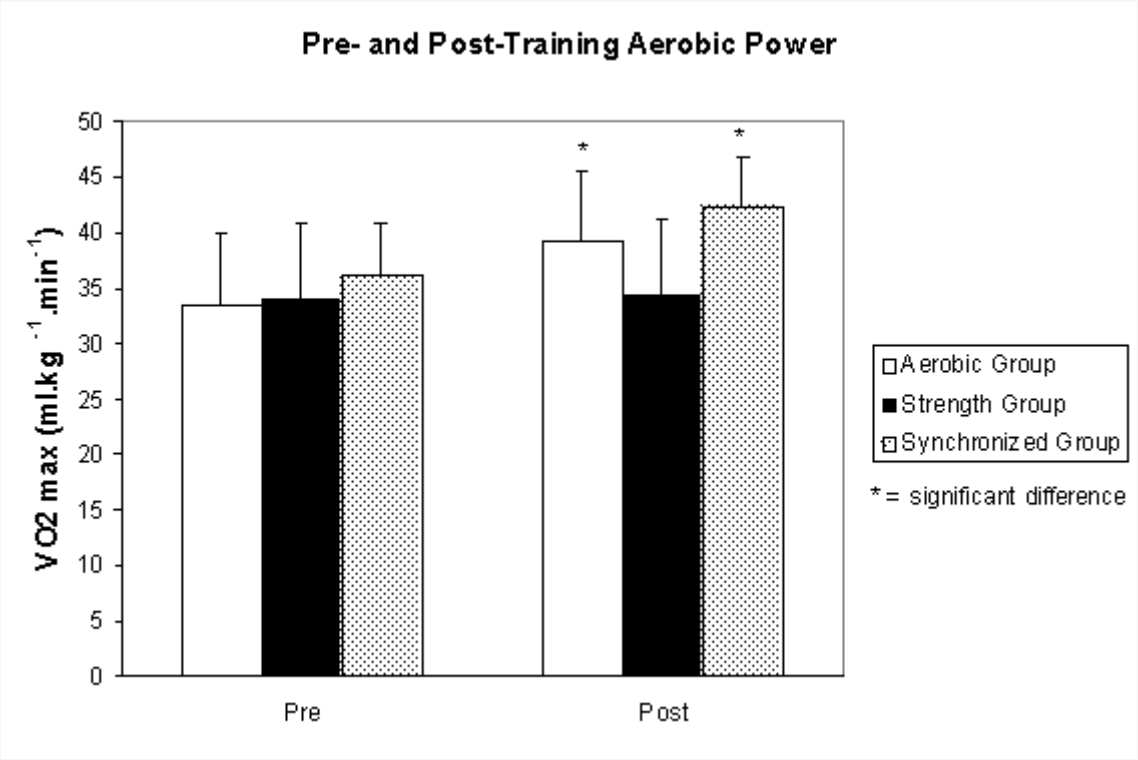


Figura 2. *Changes in aerobic power, pre-training to post-training.*

DISCUSIÓN

En el presente estudio, el entrenamiento simultáneo indujo aumentos significativos en la potencia aeróbica y la fuerza muscular. Los programas de entrenamiento de la fuerza y de la resistencia en forma independiente, produjeron aumentos significativos respectivamente en la fuerza muscular y en la potencia aeróbica. Los resultados indican que el entrenamiento simultáneo híbrido, consistente en entrenamiento de la fuerza y entrenamiento aeróbico del alta intensidad, es capaz de inducir aumentos significativos en la fuerza muscular y en la potencia aeróbica.

Sobre todo en el ejercicio simultáneo, especialmente en el grupo simultáneo, el tren superior se benefició más por el entrenamiento con pesas, puesto que el tren inferior estuvo realizando el movimiento aeróbico primario. Por lo tanto, el fortalecimiento muscular mayor ocurre en la musculatura del tren superior. Kraemer y cols. (1995) se refirieron a este efecto como compartmentalización, en el que los grupos musculares del tren superior están esencialmente inalterados por cualquier efecto negativo del entrenamiento aeróbico. El grupo de ejercicio simultáneo típicamente involucra el uso de barras de pesas relativamente ligeras, mancuernas, o bandas de potencia. Las sesiones de entrenamiento persisten hasta una hora e incluyen una variedad de movimientos de entrenamiento con pesas y etrenamiento aeróbico. En el actual estudio, la utilización de pesos más ligeros y una variedad de movimientos no fue práctico. Una meta primaria de este estudio fue explorar la eficacia de aplicar los dos tipos de entrenamiento, de tal manera que los respectivos estímulos del entrenamiento aeróbico y del entrenamiento con pesas ocurrieron al mismo tiempo como en el grupo que entrenó simultáneo. Dado los resultados de la investigación actual, es razonable presumir que el grupo de estilo del entrenamiento simultáneo es una forma de entrenamiento viable.

Los cambios en la capacidad aeróbica representan una adaptación durable en el entrenamiento concurrente. Superficialmente, parece como si muchas adaptaciones fisiológicas y estructurales que ocurren como resultado de realizar entrenamiento aeróbico y de la fuerza pueden ser antagónicas para nosotros. Las adaptaciones específicas comunes al entrenamiento de la resistencia incluyen aumentos en la densidad capilar, mioglobina, mitocondrias, y consumo de oxígeno (Holloszy & Coyle, 1984). El entrenamiento aeróbico también tiene una tendencia a disminuir la producción de proteínas miofibrilares en el músculo (Hoppeler, 1986). El entrenamiento de la fuerza, sin embargo, limita a la mitocondria, el aporte capilar, y la producción de enzimas aeróbicas (Luthi, Howald, Claassen, Vock, y Hoppeler, 1986,; MacDougall, Sale, Moroz, Elder, Sutton, y Howald, 1979). Según Hurley, Seals, y Eshani (1984) mientras los cambios periféricos son importantes en

el desarrollo de la potencia aeróbica, las adaptaciones de los mecanismos circulatorios centrales como el gasto cardíaco y el volumen sistólico no son afectados por el entrenamiento de la fuerza. Con respecto al entrenamiento aeróbico y de la fuerza, independientemente esto demuestra que algunas adaptaciones fisiológicas y estructurales al ejercicio tienen un efecto más profundo en la magnitud del aumento o disminución que otros. La falta de diferencia significativa en los aumentos del VO_2máx entre los grupos de resistencia y concurrente en varios estudios demuestra que el desarrollo de la capacidad aeróbica es independiente del aumento de la fuerza muscular (Dudley y Djamil, 1985,; Hickson, 1980, Hunter y cols. 1987; McCarthy y cols. 2002; McCarthy y cols., 1995; Volpe y cols., 1993). Los resultados aeróbicos del actual estudio estuvieron conformes con aquéllos de los estudios del entrenamiento concurrente.

El entrenamiento con pesas en sus varias formas provoca aumentos en la hipertrofia muscular, en las reservas mayores de ATP y PCr, en la generación de fuerza, y en las enzimas anaeróbicas (Costill, Coyle, Fink, Lesmes, y Witzmann, 1979,; La mancha & Kraemer, 1988,; MacDougall, Sale, Elder, y Sutton, 1982,; MacDougall y cols., 1979). Sin embargo, el tema mayor que rodea a cualquier tipo de régimen de entrenamiento simultáneo es la inhibición de la ganancia de fuerza. En algunas investigaciones concurrentes en las que el tren inferior estuvo envuelto en el entrenamiento aeróbico y de la fuerza, se inhibieron las ganancias de fuerza del tren inferior en los grupos de entrenamiento concurrente (Dudley y Djamil, 1985; Hennessy y Watson, 1994,; Hickson, 1980). En la investigación de Leveritt y Abernethy (1999), la capacidad de los sujetos para realizar el entrenamiento de la fuerza era reducida después del entrenamiento aeróbico. La inhibición de la fuerza experimentada en el tren inferior demuestra la susceptibilidad de las piernas en general al deterioro de la ganancia de fuerza en respuesta al entrenamiento concurrente. Los estudios que realizaron el entrenamiento con pesas con el tren superior notaron pocon o ningún problema con el aumento de fuerza del tren superior cuando las piernas fueron usadas para realizar el entrenamiento aeróbico. Kraemer y cols. (1995) reportaron que los efectos del entrenamiento de la fuerza del tren superior realizado con el entrenamiento de la resistencia parece generalmente está compartimentado a la musculatura del tren superior, y no afectaron a la producción de fuerza o capacidades de resistencia de la musculatura del tren inferior significativamente. Es interesante observar que, esto no parece ser la misma relación con entrenamiento aeróbico y de la fuerza realizado por los brazos. La investigación de Abernethy y Quigley (1993) no mostró ninguna inhibición de la ganancia de fuerza en un grupo concurrente que realizó ergometría de brazos y entrenamiento isocinético de la fuerza de brazos. Fue notado que más investigación es necesaria para entender los diferentes patrones de adaptación de la fuerza en el cuádriceps y tríceps braquiales respectivamente. El actual estudio está conforme con observaciones del estudio del entrenamiento concurrente que muestran que aumentos de la fuerza del tren superior no se ven comprometidos por la actividad aeróbica realizada por el tren inferior. Sale, MacDougall, Jacobs, and Garner (1990) notaron; si el deterioro, compatibilidad, o la mejora sinérgica ocurren, la aplicación del volumen de entrenamiento, la intensidad, la frecuencia, el modo, estado de entrenamiento de sujetos, deciden el resultado final.

CONCLUSIONES

En la investigación actual, las adaptaciones de las ganancias aeróbicas y de fuerza, que son el resultado del grupo de entrenamiento simultáneo, no se impactó negativamente. Las adaptaciones del entrenamiento simultáneo híbrido están mucho más alineadas con las observaciones del entrenamiento simultáneo tradicional. Mientras sean simultáneamente alcanzadas, las adaptaciones de la fuerza muscular y de la potencia aeróbica en el presente estudio fueron vinculadas sin alcanzar probablemente debido a las adaptaciones respectivas que funcionan, una capacidad de complemento, sino quizás una capacidad compatible o aún independiente. Esta técnica de entrenamiento propone limitaciones con respecto al equipo, coordinación, y número de ejercicios posibles en la combinación. Sin embargo, este tipo de entrenamiento parece ser eficaz y puede usarse como un modo legítimo, pero limitado de ejercicio o acondicionamiento físico. Este tipo de entrenamiento también puede usarse para el acondicionamiento de fuera de temporada para los atletas. En conclusión, en adultos desentrenados, el entrenamiento aeróbico y de fuerza simultáneo es eficaz para aumentar la fuerza muscular y la potencia aeróbica.

REFERENCIAS

1. Abernethy, P.J. & Quigley, B.M (1993). Concurrent strength and endurance training of the elbow extensors. *Journal of Strength and Conditioning Research, 7, 234-240*
2. American College Of Sports Medicine (ACSM) (2000). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *Philadelphia: Lippincott, Williams, and Wilkins*
3. Baechle, T.R. & Earle, R.W (2000). Essentials of Strength Training and Conditioning. *Champaign, IL: Human Kinetics*

4. Costill, D., Coyle, E., Fink, W., Lesmes, G. & Witzmann, F (1979). Adaptations in skeletal muscle following strength training. *Journal of Applied Physiology, 46, 96-99*
5. Dudley, G.A., & Djamil, R (1985). Incompatibility of endurance and strength training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology, 59, 1446-1451*
6. Fleck, S., & Kraemer, W (1968). Resistance training: physiological responses and adaptations. *Physician and Sportsmedicine, 16, 108-119*
7. Gravelle, B.L. & Blessing, D.L (2000). Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 14, 5-13*
8. Hennessy, L.C., & Watson, A.W (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength Conditioning and Research, 8, 12-19*
9. Hickson, R.C (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology, 45, 255-269*
10. Holloszy, J. & Coyle, E (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology, 56, 831-838*
11. Hoppeler, H (1986). Exercise-induced ultrastructural changes in skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine, 7, 187-204*
12. Hunter, G., Demment, R., and Miller, D (1987). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 27, 269-275*
13. Hurley, B.F., Seals, D.R., and Eshani, A.A (1984). Effects of high intensity strength training on cardiovascular function. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 16, 483-488*
14. Khanna, R (1994). An analysis of the teaching, understanding and interpretation of interaction effects in a factorial design. *Unpublished doctoral dissertation. Southern Illinois University, Carbondale*
15. 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 (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology, 78, 979-989*
16. Leveritt, M. & Abernethy, P.J (1999). Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance exercise activity. *Journal of Strength and Conditioning Research, 13, 47-51*
17. Luthi, J.M., Howald, H., Claassen, H., Rösler, P, Vock, P. & Hoppeler, H (1986). Structural changes in skeletal muscle tissue with heavy resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine. 7, 123-127*
18. Macdougall, J., Sale, D., Elder, G., & Sutton, J (1982). Muscle ultrastructural characteristics of elite powerlifters and bodybuilders. *European Journal of Applied Physiology, 48, 117-126*
19. Macdougall, J.D., Sale, D.G., Moroz, J.R., Elder, G.C.B., Sutton, J.R. & Howald, H (1979). Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 11, 164-166*
20. McCarthy, J.P., Pozniak, M.A. & Agre, J.C (2002). Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 34, 511-519*
21. McCarthy, J.P., Agre, J.C., Graf, B.K., Pozniak, M.A., & Vailas, A.C (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 27, 429-436*
22. Sale, D.G., Macdougall, J.D., Jacobs, I., & Garner, S (1990). Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology, 68, 260-270*
23. Volpe, S.L., Walberg-Rankin, J., Webb Rodman, K., & Sebolt, D.R (1993). The effect of endurance running on training adaptations in women participating in a weight lifting program. *Journal of Strength and Conditioning Research, 7, 101-107*

Cita Original

Don Melrose Ph.D. CSCS y Ronald G. Knowlton Ph.D. FACSM. Compatibility of Adaptive Responses With Hybrid Simultaneous Resistance and Aerobic Training. The Sport Journal – (2005) volume 8 number 3.